

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Комп'ютеризована система внутрішньосхемних
вимірювань опору електронних блоків**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТ-1м
Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»

Уляницький Віталій Павлович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор
Пількевич Ігор Анатолійович
(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент
Шавурськийц Юрій Олександрович
(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 19 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Уляницький Віталій Павлович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків

Керівник роботи: д.т.н., професор Пількевич Ігор

затверджена наказом по університету від « 9 » листопада 2023 р. № 648/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 19 » грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи внутрішньосхемні вимірювання опору електронних блоків, вмикання/вимикання системи, визначення опору блоків, вивід вимірюваних значень опору блоків на дисплей; передача вимірюваних даних на відстань; галузь застосування електротехніка

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
огляд та аналіз існуючих методів вимірювання опору, розробка вольт-амперного методу вимірювань опору та структурної схеми системи, вибір технічних засобів вимірювальної системи, розробка алгоритму та програми вимірювальної системи та обробки вимірювальної інформації, оцінка вимірюваних значень опору та розрахунок метрологічних характеристик системи

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема вимірювань опору, принципова схема вимірювальної системи опору, блок-схема алгоритму роботи вимірювальної системи опору

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Лугових О.О.		
3-4	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд та аналіз існуючих систем вимірювання опору	03.10.23 – 06.10.23	Виконано
2	Формулювання завдань кваліф. роботи	07.10.23 – 09.10.23	Виконано
3	Вибір методу вимірювань опору	15.10.23 – 25.10.23	Виконано
4	Розробка структурної схеми	05.10.23 – 14.10.23	Виконано
5	Вибір технічних засобів вимірювальної системи	15.10.23 – 22.10.22	Виконано
6	Розробка алгоритму та програми роботи	01.11.23 – 20.11.23	Виконано
7	Розробка програми оцінки метрологічних характеристик	21.11.23 – 02.12.23	Виконано
8.	Проведення експерименту з виміряними даними опору	03.12.23 – 09.12.23	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	10.12.23 – 18.12.23	Виконано

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Уляницький В.П.

(прізвище та ініціали)

Пількевич І.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану систему внутрішньо схемних вимірювань опору електронних блоків.

В першому розділі роботи були розглянуті існуючі рішення вимірювання опору та існуючі системи вимірювання опору.

В другому розділі розглянуті методи вимірювання опору та обраний вольт-амперний метод вимірювання опору. Обґрунтовані складові системи та побудована структурна схема.

В третьому розділі були обрані складові вимірювальної системи опору та побудована принципова схема. Розроблена друкован плата.

В четвертому розділі був розроблений алгоритм для роботи вимірювальної системи та відповідна програма для мікроконтролеру. Також розроблена програма для обробки та оцінки виміряних значень.

Ключові слова: мікроконтролер PIC16F690, вимірювання опору, вольт-амперний метод вимірювання опору, закон Ома.

ABSTRACT

In this qualification work was developed, a computerized system of intra-circuit resistance measurements of electronic units was developed.

In the first part of the work, existing resistance measurement solutions and existing resistance measurement systems were considered.

In the second chapter, resistance measurement methods are considered and the volt-ampere method of resistance measurement is chosen. The components of the system are substantiated and a structural diagram is constructed.

In the third section, the components of the resistance measurement system were selected and a schematic diagram was built. A printed circuit board has been developed.

In the fourth chapter, the algorithm for the operation of the measuring system and the corresponding program for the microcontroller were developed. A program for processing and evaluating the measured values has also been developed.

Key words: PIC16F690 microcontroller, resistance measurement, voale-ampere resistance measurement method, Ohm's law.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ.....	11
1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання опору.....	11
1.2.Опис існуючих методів вимірювання опору	19
1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі.....	25
Висновки до 1 розділу.....	26
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	27
2.1. Фізичні принципи вимірювання і метод вимірювання опору.....	27
2.2. Обґрунтування мікроконтролера.....	28
2.3.Обґрунтування блока живлення.....	29
2.4.Обґрунтування перетворювачів напруги.....	32
2.5.Обґрунтування роз'єму для підключення щупів.....	33
2.6.Обґрунтування дисплею.....	34
2.7.Обґрунтування типу блютуз модуля	35
2.8.Матиматична модель	37
2.9.Структурна схема.....	38
Висновки до 2 розділу.....	38
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	39
3.1. Вибір мікроконтролеру.....	39
3.2. Вибір блоку живлення.....	42
3.3. Вибір перетворювачів напруги.....	43
3.4. Вибір роз'єму для підключення щупів.....	48
3.5.Вибір дисплею.....	49
3.6.Вибір блютуз модуля.....	51
3.7.Побудова принципово-електричної схеми.....	52
3.8.Розробка друкованої плати.....	56
Висновок до 3 розділу.....	60
4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА	

МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	61
4.1.Розробка алгоритму.....	61
4.2.Розробка програми.....	63
4.3. Методи програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.....	66
Висновок до 4 розділу.....	73
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75
ДОДАТКИ.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АКБ – акумуляторні батареї

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДП – друкована плата

КІВС – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система

МК – мікроконтролер

ОЗП – оперативно-запам'ятовуюча пам'ять

ПЗП – постійно запам'ятовуюча пам'ять

СКВ – середнє квадратичне відхилення

ВСТУП

Актуальність теми. Усім хороші універсальні вимірювальні прилади. Вони вимірюють багато величин. Якщо в старих стрілочних авометрах максимум можна було розраховувати на напругу, опір і струм, то зараз цифрові мультиметри заміряють і ємність, і частоту, і температуру, причому з прийнятною для радіоаматорів та професіоналів точністю.

Далеко не завжди при виборі звертають увагу на величину паспортної похибки. Для радіотехнічних конструкцій, зібраних самостійно або під час ремонту, у переважній більшості випадків не важливо, який резистор буде поставлений на заміну – 10 КОм або 10,1 КОм. Якщо мова звичайно не йде про високоточні радіодетали. Але бувають випадки, коли відіграють роль не десятки, і одиниці, а навіть десяті та соті частки Ома, і тоді весь величезний перелік вимірювальних інструментів звужується до одного єдиного, який носить гучну і зрозумілу назву міліомметр, яка красномовно окреслює сферу його застосування.

Основне призначення міліомметра полягає в пошуку внутрішньосхемних місць короткого замикання, яке зазвичай виконується під час ремонту радіоапаратури шляхом визначення ділянки з мінімальним опором.

Отже, актуальність розробки комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків полягає в високоточних вимірювань опору резисторів та пошуку внутрішньосхемних місць короткого замикання.

Метою даної роботи є розробка нової комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження схем та електронних блоків як об'єкта контролю;
- вибір контрольованого параметра і розробка на його основі структури КІВС внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків;

- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої системи внутрішньо схемних вимірювань опору;
- розробка блок-схеми алгоритму та програми забезпечення КІВС;
- розробка метрологічного забезпечення КІВС шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок вимірюваних значень опору.

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання опору на внутрішньо схемних вимірювань електронних блоків.

Предмет дослідження – комп'ютеризована система внутрішньо схемних вимірювань опору електронних блоків.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні методів визначення опору за законом Ома, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп'ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

- 1) Вимірювання опору, яке дозволяє високоточно вимірювати опір резисторів та пошук внутрішньосхемних місць короткого замикання;
- 2) Удосконалено структурну схему завдяки додавання блоку для передачі вимірюваних даних на відстань;
- 3) Розроблено програмно-алгоритм обробу вимірювальних даних завдяки обробки результатів.

Практична цінність даної роботи полягає в:

- 1) вибрано сучасну елементну базу системи вимірювання внутрішньосхемного опору;
- 2) розраховано метрологічні характеристики комп'ютеризованої системи внутрішньо схемних вимірювань опору
- 3) пропонується впровадити блютуз модуль, що дозволить передачу вимірюваних даних опору на відстань безконтактним шляхом.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 76 сторінках основного тексту і містить 25 рисунків, 4 таблиці та 20 джерел.

Публікації. За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано 2 тези науково-практичної конференції:

1. Уляницький В.П., Лугових О.О. Комп'ютеризована система внутришньосхемних вимірювань опору. Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки, 16–20, 26 травня 2022 року. Житомир : «Житомирська політехніка», 2022. С. 56. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/06/4-2.pdf>

2. Уляницький В.П., Лугових О.О. Комп'ютеризована система внутришньосхемних вимірювань опору. Тези XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології», 30–31 березня 2023 р. Житомир : "Житомирська політехніка", 2023. С. 170-171. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/povnyy-tekst.pdf>

3. Лугових О.О., Уляницький В.П., Комп'ютеризована система внутришньосхемних вимірювань опору // VI Всеукраїнська науково-технічна конференція. Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення, 29-30 листопада 2023 року, с.160-161.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ

1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання опору

Існує багато приладів для вимрювання опору, їх можна розбити на такі типи:

- Прилад, що вимірює опори менші за один міліом, зветься мікроомметром.

- Пристрій, який вимірює міліоми, називається міліомметр.

- Власне омметр (ну тут, на мою думку, пояснень не потрібно).

Далі йдуть прилади, призначені для виміру великих та дуже великих опорів:

- Мегаомметр (у народі – мегер) цей прилад здатний заміряти до сотень мегаом.

- Гігаомметр міряє значення, більші за один гігаома.

- Прилад, здатний міряти опори, значення яких можна виміряти лише тераомами, називається тераомметром.

Крім того, ці прилади, як і решта, діляться варіантам виконання:

- Переносні пристрої.

- Лабораторні (ті, що мають бути закріплені стаціонарним чином (їх ще називають щитовими)). Останній поділ цих приладів, що є найважливішим із усіх класифікаційних визначень, це принцип їхньої дії.

Перші з них – це прилади з магнітоелектричною системою (що мають магнітоелектричний вимірник). Такий прилад підключають у вимірюваний ланцюг послідовно. Мірити такі прилади здатні в діапазоні від декількох сотень до декількох мегаом.

Інший тип таких приладів – прилади, що мають магнітоелектричний логометр. Ця категорія вимірювачів включає, в основному, мегаомметри. Ці прилади теж мають магнітоелектричну систему, але вимірником у них є логометр. Принцип роботи таких пристроїв заснований на обчисленні співвідношення опорів з метою отримання шуканого значення, яке відображається на шкалі.

Такі приладчики використовують для своєї роботи джерело постійної напруги (генератор).

Ще одним різновидом омметрів варто назвати пристрої з електронною начинкою. Ці пристрої можна розділити на аналогові та цифрові. Коротко розповім про обидва види:

1. Прилади, що мають аналогову шкалу (стрілку). Такі пристрої, перш ніж відобразити опір, перетворюють його на напругу, яка прямо пропорційна значенню цього показника. Перетворенням величин займається спеціальний пристрій - операційний підсилювач. В результаті на лінійній шкалі приладу відображається значення.

2. Прилади із цифровим відображенням. Цей тип вимірювачів, по суті, є вимірювальний міст, що має врівноваження, кероване автоматом. Хоча визначення і складно, принцип дії подібних пристроїв зовсім не складний. При підключенні вимірюваного опору автоматично врівноважує вимірювальний міст, після чого результат висвічується на екрані приладу.

Надалі зробимо огляд існуючих рішень вимірювання опору.

Тестер внутрішнього опору акумуляторів міліомметр 200Ом 100В RC3563 представлений на рис.1.1.



Рис. 1.1. Тестер внутрішнього опору акумуляторів міліомметр 200Ом 100В
RC3563

Портативний міліомметр, що широко застосовується у виробництві, обслуговуванні та тестуванні різних акумуляторних батарей. Як відомо, під час життєвого циклу і в залежності від умов експлуатації, акумулятор втрачає свої властивості. Його ємність знижується, а внутрішній опір збільшується. Міліомметр дозволяє виміряти його внутрішню ємність, а також напругу тестованої акумуляторної батареї. Також, прилад підходить для вимірювання опору резисторів, електролітичних конденсаторів а також іншого електрообладнання.

Дана модель оснащена інтелектуальними алгоритмами керування, великим РК-дисплеєм з підсвіткою, а також вбудованою АКБ, яка забезпечує живлення міліомметра та можливість проводити автономні вимірювання. Для проведення вимірювань використовуються чотирьохконтактні затискачі Кельвіна, які виключають вплив сторонніх перешкод та гарантують високу точність вимірювань.

Технічні характеристики:

- Вимірювання внутрішнього опору: 5 ручних діапазонів + 1 автоматичний;
- Вимірювання напруги: 3 ручних діапазона + 1 автоматичний;
- Діапазон вимірювання опору: від 0.01 мОм до 200 Ом;
- Діапазон вимірювання напруги: від 0.001 до 100 В;
- Тестовий струм: 50 мА (20 мОм) / 5 мА (200 мОм – 2 Ом) / 0.5 мА (20 – 200 Ом);
- Точність вимірювань: $\pm 0.5\%$;
- Підтримувані типи АКБ: свинцево-кислотні, літій-іонні, літій-полімерні, літій-залізні, лужні, сухі, нікель-водородні, нікель-кадмієві
- Вбудовані функції калібрування та скидання до заводських параметрів;
- Швидкість вимірювань: 10 вимірювань в секунду;
- Швидкість оновлення результатів вимірювань: 5 раз в секунду
- Великий чорно-білий цифровий РК-дисплей з білою під світкою;

- Послідовний порт для синхронізації та підключення до ПК (здійснюється через Micro-USB порт для зарядки АКБ прилада, послідовний порт вмикається через меню керування міліметром;

- Мова інтерфейса: англійський, китайський;
- Живлення: вбудована АКБ, ємністю 1000 мАг;
- Матеріал корпусу: якісний пластик;
- Розміри: 17 x 8 x 2.8 см
- Вага: 200 г.[1]

Міліомметр з функцією мультиметра CEM DT-5302 (рис.1.2). Комбінований прилад, що об'єднує в собі функції міліомметра, мегаомметра, вольтметра, амперметра.



Рис.1.2. Міліомметр з функцією мультиметра CEM DT-5302

CEM DT-5302 визначає:

- малі опори;
- напругу або силу постійного чи змінного струму;
- опору та ємності ділянки кола.

Міліомметр CEM DT-5302 також використовується для здійснення перевірки електронних компонентів і цілісності електричних кіл

Особливості міліомметра CEM DT-5302:

- висока точність визначення малих опорів завдяки використанню чотирипровідної схеми підключення елементів;
- функція автоматичного перемикання діапазонів вимірювання;
- звукова й візуальна індикація в разі виходу отриманих результатів за межі діапазону визначення;
- можливість підсвічування рідкокристалічного дисплея;
- індикатор зниження заряду елемента живлення;
- автоматичне відключення приладу після бездіяльності протягом 15 хвилин;
- визначення максимуму і мінімуму вимірюваних величин;
- утримування отриманих даних на екрані;
- передбачений захист від перевантаження під час вимірювання в усіх встановлених діапазонах;
- можливість встановлення на горизонтальній поверхні завдяки наявності настільної підставки;
- відповідність до стандарту ІЕС 61010-1;
- захищений корпус.

Технічні характеристики:

- Максимальне значення вихідного струму 200 мА (400 мОм);
- Швидкість вибірки 2 рази на секунду;
- Цифровий індикатор 4-розрядний;
- Живлення 6 батарейок типу АА напругою 1,5 В;
- Запобіжники 500 мА, 250 В, 2 шт.;
- Умови експлуатації – температура: від 0 до 40 °С: відносна вологість не більше 80% RH;
- Умови зберігання – температура: від -10...60 °С: відносна вологість не більше 70% RH;

- Габаритні розміри 220×90×51 мм;
- Вага 700 г (включаючи батареї).[2]

Міліомметр Lutron MO-2001 (220V) рис.1.3.



Рис.1.3. Міліомметр Lutron MO-2001

Lutron MO-2001 – професійний високоточний прилад для вимірювання низького опору в 5 діапазонах від 0.1 міліОм до 2000 Ом. Міліомметр використовує метод визначення опору з 4 клеммах, щоб уникнути помилки під час вимірювання. Застосовуючи дві вимірювальні клеми, пристрій використовує джерело постійного струму для стабільного протікання струму через тестовий об'єкт. Ще дві клеми вимірюють падіння напруги.

Міліомметр оснащено великим РК-дисплеєм для легкого зчитування результатів вимірювання та мікропроцесорною схемою LSI, що забезпечує точність і надійність пристрою. Міцний портативний пластиковий кейс з передньою захисною кришкою забезпечує захист і мобільність приладу.

Міліомметр Lutron MO-2001 (220V) широко використовують для вимірювання опору обмоток двигунів, трансформаторів, генераторів, контактного опору в перемикачах і реле, опору друкованих плат, випробування цілісності кіл мережевих систем тощо.

Особливості й переваги міліомметра Lutron MO-2001

- 4-клемний прилад для точного вимірювання низького опору.
- Ідеально підходить для вимірювання опору обмоток двигунів, трансформаторів, для тестування друкованих плат, провідників тощо.
- Широкий діапазон вимірювання – розбитий на 5 діапазонів від 0.1 міліОм до 2000 Ом.
- 18-міліметровий РК-дисплей для легкого зчитування результатів.
- Схема LSI забезпечує точність, надійність і довговічність роботи приладу.
- Міцний портативний пластиковий кейс з передньою захисною кришкою.[3]

Таблиця 1.1. Технічні характеристики міліомметра Lutron MO-2001

Дисплей	рідкокристалічний, 18 мм (0.7 дюйма) з максимальним відображуваним числом 1999
Діапазони вимірювання	200 мОм, 2000 мОм, 20 Ом, 200 Ом, 2000 Ом
Налаштування нуля	зовнішнє налаштування на нульове значення дисплея
Вхідний роз'єм	4-клемний вхід для точного вимірювання низького опору
Перевантаження	індикація «1»
Час вибірки	близько 0.4 секунди
Робоча температура повітря	0 ~ 50 °C (32 ~ 122 °F)
Робоча відносна вологість повітря	менше 80 % відносної вологості
Джерело живлення	АС 220В/240В 15 %, 50/60 Гц
Споживання енергії	близько 2 ВА
Габарити приладу	160x120x85 мм, з передньою кришкою корпусу
Вага приладу	близько 680 г

Міліомметр цифровий GOM-802 : 5 розрядів, динамічний діапазон 30000;
 Базова похибка виміру $\pm 0.05\%$; Максимальна роздільна здатність 1 мкОм;
 Функції компарування та допускового контролю зі звуковою індикацією;
 Вимірювання в абсолютних та відносних (%) одиницях; Δ -вимірювання; 4-х
 провідна схема вимірювання з термокомпенсацією; Швидкість вимірювання: 7
 або 20 змін/с; Ручний та автомобільний вибір діапазону вимірювання; Режими
 виміру: безперервно, одноразово; Тестування р-п переходів; Збереження
 параметрів профілю при вимкненні живлення; Запис до 20 профілів;
 Інтерфейси (опція): GPIB, RS-232C, сортувальник компонентів, розширювач
 виходу; Вимір опору від 0001 МОма до 3 МОм; Маса 2 кг.

Міліомметр PEAKTECH P 2705 рис.1.4.



Рис.1.4. Міліомметр PEAKTECH P 2705

Технічні харавктеристики:

- Виробник: PEAKTECH
- Тип мірника: міліомметр

- Вид вжитого дисплея: LCD
- Параметри відображення: 3,75 цифри (4000);
- Діапазон вимірювання опору: 400мОм/4Ом/40Ом;
- Точність вимірювання опору: $\pm(1\% + 10 \text{ цифр})$;
- Діапазон вимірювання напруги DC: 400мВ/4В/40В/400В/1кВ;
- Точність вимірювання напруги DC: $\pm(1\% + 10 \text{ цифр})$;
- Діапазон вимірювання напруги AC: 400мВ/4В/40В/400В/1кВ;
- Точність вимірювання напруги AC: $\pm(1,2\% + 10 \text{ цифр})$;
- Діапазон вимірювання струму DC: 0,4мА/4мА/40мА/400мА;
- Точність вимірювання струму DC: $\pm(1,5\% + 5 \text{ цифр})$;
- Точність вимірювання струму AC: $\pm(1,5\% + 5 \text{ цифр})$;
- Діапазон вимірювання ємності:
4нФ/40нФ/400нФ/4мкФ/40мкФ/400мкФ/4мФ/40мФ;
- Точність вимірювання ємності: $\pm(3\% + 10 \text{ цифр})$;
- Розміри: 90x200x50мм.[4]

1.2.Опис існуючих методів вимірювання опору

Існують такі методи вимірювання опорів електричних кіл:

- Метод вольт-амперметра;
- Компенсаційний метод;
- Вимірювання електричного опору безконтактними методами;
- Мостові методи вимірювання електроопору;
- Метод вимірювання електричного опору за допомогою електронних (цифрових) омметрів.

Розглянемо суть кожного методу.

Метод вольт-амперметра заснований на використанні співвідношення $R = U/I$, яке відоме з курсу електротехніки, що є математичним вираженням закону ОМА. У формулі r - Опір області електричного ланцюга, на якій, коли

виникає струм V_{in} і виміряйте падіння напруги в зоні розкидання. Після цього зробіть простий розрахунок відповідно до формули.

Цей метод вимірювання опору заземлення має такі недоліки:

а) Необхідно одночасно використовувати два вимірювальні пристрої, а потім обчислити.

б) Для того, щоб отримати достатньо точних результатів вимірювання, вам потрібне джерело досить значне з точки зору струму (десятки амперів) з хорошою стабілізацією, щоб забезпечити можливість видалення читання двох пристроїв: амперметра та вольтметра.

с) Великий струм може бути джерелом додаткової помилки, оскільки при високій змінній щільності струму спостерігається збільшення повного опору сталевих провідників порівняно з опором тих самих провідників до постійного струму.

г) Вольтметр повинен мати досить великий внутрішній опір.

д) Блукаючі змінні та прямі струми в землі можуть робити додаткові, а іноді й значущі помилки під час вимірювань.

Компенсаційний метод.

Широко застосовуються різні пристрої та схеми, засновані на методі так званої компенсації.

При вимірюванні цим методом, крім основного ланцюга струму в землі, створюється інша схема – на спеціальному каліброваному опорі. У той же час ланцюг зроблений таким чином, що в каліброваному опорі той самий струм триває, як у землі. Зміна значення каліброваного опору може досягти такого положення, що падіння напруги на цьому попередньо відомому каліброваному опорі буде такою ж, як і в струмі, що поширюється в землі.

Метод мосту, як зазначається в його назві, використовує лінійний мост змінного струму для цілей вимірювання. Зроблено три розміри: По -перше, заземлюючий земля включений у вимірювальне плече мосту - допоміжний електрод, з другим - заземлення - зонд - зонд, а з третьою - ланцюг зонда - це ланцюг зонда допоміжний електрод.

Вимірювання мостовим методом засноване на використанні диференціального (різницевого) методу вимірювань (рис. 1.5).

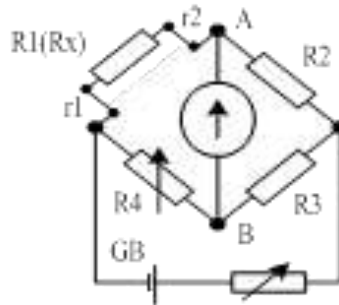


Рис.1.5. Схема одинарного моста постійного струму

Вимірюваний опір R_x вмикають в одне з плеч моста, діагоналі якого підключають до джерела живлення і нуль-індикатора (гальванометр, мікроамперметр з нулем посередині шкали). Плечі R_4 і R_3 виконують у вигляді магазинів опорів, за допомогою R_3 встановлюють ряд значень відношення $R_3/R_2=n$ (звичайно кратне 10) а за допомогою підбору R_4 (його називають плечем порівняння) врівноважують міст.

Умова рівноваги моста ($I_g=0$ або $U_{AB}=0$):

$$\frac{R_x}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \quad (1.1)$$

тоді значення невідомого опору:

$$R_x = R_1 = R_4 \cdot R_2 / R_3 \quad (1.2)$$

Точність вимірювання мостом постійного струму визначається точністю номіналів еталонних опорів R_1 , R_2 , R_3 і точністю визначення моменту балансу моста, що залежить від чутливості гальванометра і величини ЕРС джерела живлення.

Цей метод незручний, оскільки необхідно провести три вимірювання, а недостатньо точні. Блукаючі струми в цьому випадку мають значний ефект, а іноді, як правило, роблять вимірювання неможливими.

Вимірювання електричного опору безконтактними методами. Метод трансформатора застосовується, якщо не можна виготовити звичайний зразок у вигляді дроту, стрічки або тонкого стержня і скористатися вищеописаними методами.

Метод вихрових струмів дає змогу оцінювати питомий електроопір зразків довільної форми і необмежено великих розмірів.

За допомогою котушки збудження, сполученої з джерелом змінної напруги, в зразку наводиться змінний (вихровий) струм. Величина і розподіл вихрових струмів по перетину випробуваного зразка або іншого об'єкту залежить від його електричної провідності, магнітної проникності, форми, розмірів і від форми котушки. Реєстрація та вимірювання вихрових струмів може проводитися або за допомогою другої котушки, сполученої з вимірювальним пристроєм, або по зміні повного електроопору (імпедансу) котушки збудження при наближенні її до досліджуваного об'єкту. Частіше використовують плоску накладну котушку.

Прилад градують по зразках з відомим опором. Основні області застосування методу – дефектоскопія ф сортування сталей та сплавів, що особливо зручно із використанням приладів, розроблених з допомогою МЕМС-технологій.

Метод, що базується на відбиванні енергії надвисоких частот коливань використовується для напівпровідників. Електричний опір визначається за коефіцієнтом відбивання елеутромагнітної ївилі, що залежить від провідності. Метод має надзвичайно складну реалізацію.[5]

Метод вимірювання електричного опору за допомогою електронних (цифрових) омметрів

Реалізація таких методів здійснюється на базі цифрових схемотехнічних елементів.

Електронні омметри. Ці прилади мають широкий діапазон вимірюваних опорів (10^{-4} - 10^{17} Ом). Точність таким омметрів, як правило, невисока: похибка

складає одиниці відсотків і збільшується до 10-15% при вимірюванні особливо великих опорів ($R > 10^{12} \text{ Ом}$). В основі роботи електронних омметрів лежить перетворення вимірювального опору в функціонально зв'язану з ним напругу постійного струму, яка попадає на магнітоелектроничний вимірювальний механізм, при цьому, шкала вимірювального механізму градується в одиницях опору.

Для підвищення точності відліку весь діапазон вимірювань омметра розбивають на піддіапазони, кожному із яких відповідає своє еталонне значення опору R_0 .

Вимірювання малих опорів (до 10^{-4} Ом) здійснюється електронним міліомметрами. Основним недоліком таких омметрів є те, що при вимірювання таких опорів виникають труднощі пов'язані з впливом близьких по значенню опорів контактів і з'єднувальних проволів а також контактних термоелектрорушійних сил.[6]

Цифрові омметри зазвичай входять до складу комбінованих цифрових вимірювальних приладів (мультиметрів), призначених для вимірювань постійного струму і напруги, змінного струму і напруги та електричного опору.

Для вимірювання електричного опору на постійному струмі попередньо здійснюють перетворення вимірюваного опору R_x в пропорційному постійну напругу U_x , яку вимірюють цифровим вольтметром постійного струму, що є основою при побудові цифрових мультиметрів.

Перетворення вимірюваного опору R_x в постійну напругу U_x здійснюється двома способами:

- а) ввімкненням вимірюваного опору R_x в коло допоміжного джерела живлення зі стабілізованим струмом, тоді $U_x = I R_x$ ($I = \text{const}$);
- б) застосуванням перетворювачів опору в напругу, побудованих на операційних підсилювачах.

Діапазон вимірювань опорів цифровим омметром досить широкий – Ом, однак вузький ніж, у мостів постійного струму із ручним зрівноважуванням та аналогових електронних омметрів. Цифровим омметрам

властива висока точність вимірювання – в діапазоні опорів 1...106 Ом мінімально можливе значення відносної похибки вимірювання становить 0,005 % .

Диференційний метод вимірювання електричного опору. За диференційним методом код N_x результату вимірювання отримується підсумовуванням кодів результатів двох перетворень (1.3):

$$N_x = N_1 q_1 + N_2 q_2, \quad (1.3)$$

де N_1 – результат перетворення на першому етапі вимірюваної величини X з порівняно великим ступенем квантування q_1 ; N_2 – результат перетворення на другому етапі різниці $\Delta X = X - X_k$ з порівняно малим ступенем квантування q_2 ; $X_k = N_1 \cdot q_1$ – значення вихідного сигналу кодо-керованої міри, однорідної з вимірювальною величиною.

Якщо значення вимірювальної та компенсаційної величин приблизно однакові $X \approx X_k$, то похибка диференційного методу в основному визначається похибкою міри, яка у цьому випадку повина бути лінійною і точною, але завжди багатрозрядною.

Ще однією істотною перевагою диференційного методу вимірювань є можливість забезпечення малого часу вимірювань за умови використання швидкодіючих АЦП. І, нарешті, дуже привабливою у практичному аспекті рисою цього методу є порівняно невеликі апаратні затрати. Але, диференційний метод вимірювання можна реалізувати лише за умови наявності точного зворотного перетворювача коду у фізичну величину, однорідну з вимірюваною.

Компенсаційний метод побудови цифрових омметрів. Основними перевагами компенсаційного методу вимірювання опору є висока точність, інваріантність до впливу ліній зв'язку, можливість проведення вимірювань при апріорно заданому значенні вимірювального струму для зменшення похибки перегріву. Однак через складність та громіздкість вимірювального кола і трудомісткість виконання вимірювань компенсаційний метод вимірювання опору широко не використовується, особливо у виробничих умовах. Крім того, при

вимірюванні малих значень опору істотно впливає нестабільність вимірювального струму через труднощі його стабілізації при великих значеннях.

Особливостями диференційного та компенсаційного методів побудови цифрових омметрів є те, що обидва вони розроблялися з метою максимально ефективного вимірювання опорів в діапазоні 10^3 - 10^9 Ом, а тому не підходять для вимірювання малих опорів.

З описаних методів найбільш точним методом є вольтметр-амперметр. У присутності хороших та правильно вибраних пристроїв та з належним чином встановленими експериментами метод вольтметр-амперметр є найкращим для виробництва відповідальних вимірювань, тому обираємо саме цей метод.[7]

1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі

Дипломна робота магістра, спрямована на дослідження і вдосконалення систем вимірювання опору та передбачає вирішення ряду ключових завдань:

1. Проведення аналізу існуючих методів вимірювання опору: Детально проаналізувати існуючих методів вимірювання опору, визначити переваги та недоліки, обрати метод вимірювання для застосування в магістерській роботі.
2. Проектування експериментальної установки: Спроекувати експериментальну установку для вимірювання опору за обраним методом, при цьому врахувати точність та надійність вимірювань.
3. Розробка програмного забезпечення: Розробити програму мікроконтролеру для вимірювання опору, обробки та аналізу отриманих вимірювальних даних.
4. Експериментальні вимірювання: Виконати декілько експериментальних вимірювань на спроектованій вимірювальній системі, зробити збір та запис вимірюваних даних для подальшого аналізу.
5. Обробка та аналіз результатів: Проаналізувати отримані вимірювані дані опору, визначити точність та ефективність розробленої системи вимірювань.

7. Порівняння з аналогічними вимірювальними системами: Порівняти результати дослідження з існуючими методами вимірювання опору.

8. Подальші дослідження: Запропонувати шляхи вдосконалення обраного методу вимірювання та надати подальші рекомендації для досліджень.

Ці завдання є основою для дипломної роботи магістра. Також це дозволить розглянути ключові аспекти дослідження в області вимірювання опору в комп'ютеризованих системах.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі проведено загальний огляд існуючих систем вимірювання опору. Вони мають ряд переваг та недоліків. Основний недолік це невисока точність в паспортних даних існуючих приладів.

Також розглянуті методи вимірювання опору. Для розробки вимірювальної системи опору обрано метод вольтметр-амперметр.

Розробка комп'ютеризованої системи внутрішньо схемних вимірювань опору електронних блоків полягає в високоточних вимірювань опору резисторів та пошуку внутрішньосхемних місць короткого замикання.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Фізичні принципи вимірювання і метод вимірювання опору

В першому розділі для розробки вимірювальної системи опору обрано метод вольтметр-амперметр.

Метод вимірювання електричного опору за допомогою амперметра та вольтметра ґрунтується на використанні закону Ома для ділянки кола, згідно з яким опір об'єкта:

$$R_x = \frac{U_x}{I_x} \quad (2.1)$$

де U_x, I_x — значення спаду напруги на об'єкті та струму, що протікає по ньому.

Струм I_x зазвичай вимірюють амперметром, а спад напруги U_x - вольтметром, що і зумовило назву методу. Цей метод дозволяє виконання вимірювань у широкому діапазоні струмів і напруг, які перекриваються діапазонами вимірювань амперметрів і вольтметрів. Він є незамінний у випадках вимірювання опорів резисторів, обмоток електричних машин, кристалів та інших об'єктів, які мають нелінійну вольт-амперну характеристику. Тут режим вимірювання повинен відповідати режимові експлуатації об'єкта.

Для вимірювання опору за допомогою амперметра та вольтметра застосовують схеми вмикання приладів, зображені на рис. 2.1, а виміряне значення опору $R_{x, \text{вим}}$ визначають за формулою:

$$R_{\text{вих}} = \frac{U_V}{I_A} \quad (2.2)$$

де $U_V = N_V C_V$ — показ вольтметра, В; $I_A = N_A C_A$ — показ амперметра, А; C_V — стала вольтметра, В; N_V — відлік по шкалі вольтметра; C_A — стала амперметра, А; N_A — відлік по шкалі амперметра.[8,9]

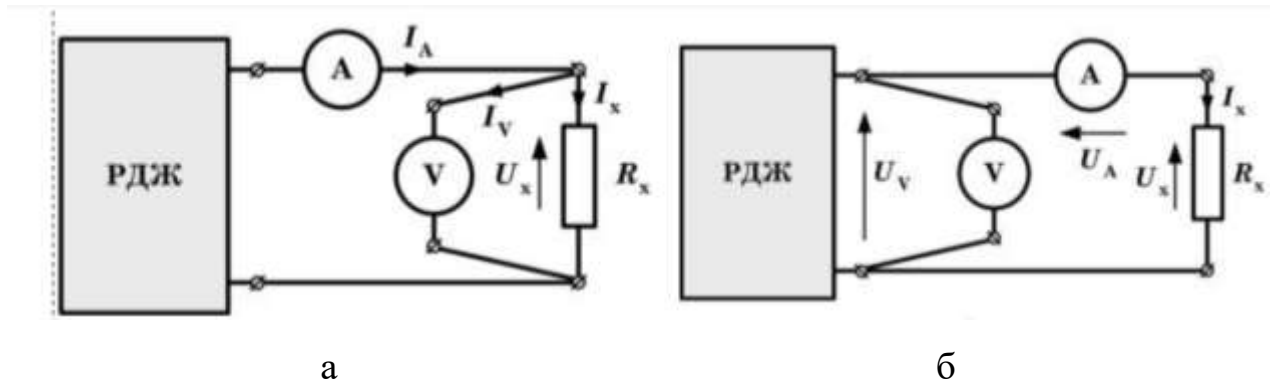


Рис.2.1.Схеми вимірювання електричного опору методом амперметра і вольтметра:
а— схема правильного вимірювання напруги;
б— схема правильного вимірювання струму

2.2. Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер (МК) – це функціонально закінчена МПС, виготовлена на одній НВІС (надвеликій інтегральній схемі). Мікроконтролер містить у собі: процесор, ОЗП, ПЗП, порти вводу-виводу для підключення зовнішніх пристроїв, модулі вводу аналогового сигналу АЦП, таймери, контролери переривання, контролери різних інтерфейсів і т.д. Найпростіший МК представляє собою ВІС площею не більше 1 см² і всього з вісьмома виходами.

Контролери, як правило, створюються для рішення якоїсь окремої задачі або групи близьких задач. Вони зазвичай не мають можливостей підключення додаткових вузлів і пристроїв, наприклад, великої пам'яті, засобів вводу/виводу. Їх системна шина часто недоступна користувачеві. Структура контролера проста і оптимізована під максимальну швидкодію. У більшості випадків програми, що виконуються, зберігаються в постійній пам'яті і не змінюються. Конструктивно контролери випускаються в одноплатному варіанті.

Основні переваги застосування систем з МК:

1. Значно підвищується гнучкість;
2. Істотно знижується вартість;
3. Знижується час розробки та модифікації;

4. Підвищується надійність системи за рахунок скорочення кількості корпусів і з'єднань.

Розрізняють наступні типи мікроконтролерів:

1) Периферійні (інтерфейсні) МК призначені для реалізації найпростіших МП систем управління. Вони мають малу продуктивність і малі габаритні розміри. Зокрема можуть використовуватися периферійними пристроями ЕОМ (клавіатура, миша і т.п.). До них відносяться: AVR-Atmel, PIC – Micro Chip, VPS – 42 (Intel).

2) Універсальні 8-розрядні МК призначені для реалізації МП систем малої і середньої продуктивності. Мають просту систему команд і велику номенклатуру вбудованих пристроїв. Основні типи: MCS – 51 (Intel), Motorola HC05 – HC012 та 96н.

3) Універсальні 16-розрядні МК призначені для реалізації систем реального часу середньої продуктивності. Структура і система команд адаптовані на швидку реакцію за зовнішніми подіями. Найбільше використання мають в системах управління електродвигунами. До типових 16-розрядних МК відносяться: MCS96/196/296 (Intel), C161-C167 (Siemens, Infineon), HC16 Motorola та 96н.

4) Спеціалізовані 32-розрядні МК реалізують високопродуктивну архітектуру і призначені для систем телефонії, передачі інформації, телебачення і інших, що вимагають високошвидкісної обробки інформації.

5) Цифрові сигнальні процесори (DSP – Digital Signal Processor) призначені для складної математичної обробки вимірюваних сигналів у режимі реального часу. Широко використовуються в телефонії та зв'язку.

2.3. Обґрунтування блока живлення

Блок живлення — вторинне джерело живлення, призначене для забезпечення живлення електроприладу електричною енергією, при відповідності вимогам її параметрів: напруги, струму, і т. д. шляхом перетворення енергії інших джерел живлення.

У побуті, найчастіше, блок живлення перетворює змінну напругу величиною 220 В і частотою 50 Гц, в задану постійну напругу. Основні функції які виконує блок живлення:

- Перетворення напруги зі змінної в постійну та навпаки;
- Зниження або підвищення напруги;
- Стабілізація напруги, струму та інших параметрів;
- Захист приладу та людини у випадок короткого замикання, перенавантаження. Зазвичай використовуються запобіжники та варистори, гальванічну розв'язку, але є і більш складні схеми захисту.

В залежності від потреб приладу деякі функції можуть бути відсутні або додані як наприклад вмикання чи вимикання певних електричних кіл, відображення параметрів на вході та виході джерела живлення приладу та інше.

Блоки живлення бувають досить різні та мають багато різного наприклад: герметичні, не герметичні, з примусовим охолодженням та без, вбудовані в електроприлад чи зовнішні, можливе регулювання вихідних параметрів чи ні та інше.

Втім головний критерій по яких розрізняють блоки живлення це по способу перетворення напруги:

- Трансформаторні;
- Імпульсні;
- Безтрансформаторні.

Завдання вторинного джерела живлення:

– Забезпечення передачі потужності – передача заданої потужності з найменшими втратами і дотриманням заданих характеристик на виході без шкоди для себе.

– Перетворення форми напруги – перетворення змінної напруги в постійну, і навпаки, а також перетворення частоти, формування імпульсів напруги і т. д. Найчастіше необхідно перетворення змінної напруги промислової частоти в постійну.

– Перетворення величини напруги – як підвищення, так і зниження. Нерідко необхідно мати набір з декількох напруг різної величини для живлення різних кіл.

– Стабілізація – напруга, струм та інші параметри на виході джерела живлення повинні лежати в певних межах, в залежності від його призначення при впливі великої кількості дестабілізуючих факторів: зміни напруги на вході, струму навантаження і т. д. Найчастіше необхідна стабілізація напруги на навантаженні, однак іноді (наприклад, для зарядки акумуляторів) необхідна стабілізація струму.

– Захист – напруга, або струм навантаження у разі несправності (наприклад, короткого замикання) будь-яких кіл може перевищити допустимі межі і вивести електроприлад, або саме джерело живлення з ладу. Також у багатьох випадках вимагається захист від проходження струму по небажаному шляху: наприклад проходження струму через землю при дотику людини або стороннього предмета до струмоведучих частин.

– Гальванічна розв'язка кіл – один із заходів захисту від протікання струму по небажаному шляху.

– Регулювання – в процесі експлуатації може знадобитися зміна якихось параметрів для забезпечення правильної роботи електроприладу.

– Керування – може включати регулювання, включення/відключення яких-небудь кіл, або джерела живлення в цілому. Може бути як безпосереднім (за допомогою органів управління на корпусі пристрою), так і дистанційним, а також програмним (забезпечення включення/вимикання, регулювання в заданий час або з настанням якихось подій).

– Контроль – відображення параметрів на вході і на виході джерела живлення, включення/вимикання кіл, спрацьовування захистів. Також може бути безпосереднім або дистанційним.

2.4.Обґрунтування перетворювачів напруги

Підвищуючий перетворювач напруги – дає можливість одержати на навантаженні напругу U_n , що перевищує напругу джерела живлення ($U_n \geq U_d$). Конструктивно являє собою імпульсний стабілізатор сталої напруги, в якому дросель з'єднаний послідовно, а транзистор підключений паралельно до навантаження. Для зменшення пульсації напруги до схеми включають фільтри з конденсаторів або з боку навантаження, або входу.

Системи живлення з батареї часто з'єднуються послідовно для досягнення більш високої напруги. Проте, достатньої напруги у багатьох випадках таким чином досягти не вдається через нестачу місця. Використовуючи ж підвищуючий перетворювач можна мінімізувати кількість використаних батарей. Сьогодні підвищуючі перетворювачі з живленням від акумуляторних батарей використовуються в гібридних електричних транспортних засобах (Hybrid Electric Vehicles) і портативних системах освітлення.

Стабілізатор напруги – це пристрій, який належить до класу перетворювачів електричної енергії і застосовується для автоматичної підтримки фіксованого значення електричної напруги на входах приймачів електричної енергії або сили струму в електричних колах, незважаючи на коливання напруги в мережі живлення і величини навантаження. До особливостей роботи стабілізатора напруги можна віднести наступну ситуацію. Навантаження стабілізованою напругою забезпечується при умові, коли основний апарат напруги знаходиться в певних межах. При умові, коли мережева напруга вийде за конкретні межі (ситуації значного перевищення напруги, короточасні провали напруги або ж відсутність напруги), стабілізатор відключить живлення електроприладам і вони будуть знеструмлені.

Основними чинниками, що викликають коливання напруги є: коливання напруги мережі живлення, зміни частоти струму мережі живлення, коливання опору навантаження, зміни температури.

В стабілізаторах напруги можуть використовувати стабілітрони. Їх використовують як джерела еталонної (опорної) напруги у складних схемах стабілізації і як елементи самостійних стабілізаторів, коли навантаження є малопотужним. У першому випадку зміни струму, який протікає через стабілітрон малі у порівнянні з його середнім (постійним) значенням, а у другому – зміни струму можуть бути відносно великими.

Недоліком стабілітрона є зміна напруги стабілізації при зміні температури. У діапазоні (від -40 до $+60$) $^{\circ}\text{C}$ напруга стабілізації міняється у більшості стабілітронів практично лінійно. Тому температурна нестабільність визначається температурним коефіцієнтом стабілізації напруги.

2.5.Обґрунтування роз'єму для підключення шупів

Роз'єми охоплюють найрізноманітніші сфери застосування – все, що пов'язано з передачею інформації і сигналів, а тому мають безліч різних типів роз'ємів. Сам вид роз'єму залежить від типу сигналів, що передаються. Наприклад, для передачі аудіосигналів у побуті служать роз'єми 3.5 мм. А у професійному музичному обладнанні та музичних інструментах застосовуються роз'єми 6.3 мм. Відеосигнали передаються кабелями з роз'ємами RCA і HDMI.

Роз'єми складається з контактів і корпусу. При цьому контакти можуть бути як звичайними, так і позолоченими.

Всі роз'єми можна розділити за декількома критеріями: вид сигналу, що передається (призначення), тип роз'єму, місце встановлення, тип виконання. Додатковою відмінністю може вважатися спосіб кріплення.

За видом сигналу роз'єми діляться на роз'єми для передачі аудіосигналу, відеосигналу, телевізійного сигналу, зв'язку та інтернету, комп'ютерні, а також для подачі живлення. Хоча є й універсальні інтерфейси, здатні передавати кілька видів сигналів.

За типом роз'ємів (конструкції) більшість з'єднань діляться на штекери і гнізда. Штекер (вилка, «папа») – роз'єм, що служить для приєднання до гнізда

(розетка, «мама»). Як правило, гніздом забезпечується головний пристрій, до якого підключається кабель від периферійного пристрою. А штекером оснащується роз'єм обладнання, що підключається, і роз'єм приєднуваного кабелю.

Наступна класифікація роз'ємів – за місцем встановлення. Зазвичай це або кабель, або корпус обладнання чи пристрою. Роз'єм, призначений для встановлення на корпуси пристрою або плати називають монтажним. Конектор для встановлення на кабель називають кабельним.

Тип виконання — це кут, під яким до роз'єму під'єднується шнур. Він буває двох типів: прямий і кутовий. При прямому виконанні шнур до гнізда підходить по одній осі. Воно використовується в більшості випадків, де немає необхідності згинати шнур і є місце для встановлення такої конструкції. Кутове виконання передбачає підключення кабелю під прямим кутом (90°). Воно розраховане для застосування в затиснених умовах, де немає місця для монтажу шнура над роз'ємом. Або якщо при використанні дрiт буде часто згинатися. Тому кутове підключення запобіжить перетирання оболонки або пошкодження провідників.

2.6. Обґрунтування дисплею

Рідкокристалічний дисплéй (англ. liquid crystal display (LCD)) – електронний пристрій візуального відображення інформації (дисплей), принцип дії якого ґрунтується на явищі електричного переходу Фредерікса в рідких кристалах. Дисплей складається з довільної кількості кольорових або монохромних точок (пікселів), і джерела світла або відбивача (рефлектора).

Кожна з кольорових точок рідкокристалічного дисплея складається з кількох комірок (як правило, з трьох), попереду яких встановлюються світлові фільтри (найчастіше – червоний, синій і зелений). Тобто колір певної точки і її яскравість визначається інтенсивностями світіння комірок, з яких вона складається.

Екран LCD є масивом маленьких сегментів (пікселів), котрими можна маніпулювати для відображення інформації. LCD має кілька шарів, де ключову роль грають дві панелі, зроблені з вільного від натрію і дуже чистого скляного матеріалу, який називають субстратом або підкладкою. Проміжок між шарами заповнений тонким шаром рідкого кристалу. На панелях є борозенки, що надають їм спеціальної орієнтації. Борозенки розташовані паралельно між собою в межах кожної панелі, але борозенки однієї панелі перпендикулярні до борозенок іншої. Поздовжні борозенки утворюються внаслідок нанесення на скляну поверхню тонких плівок прозорого пластику, що потім спеціальним чином обробляється.

Робота РК-дисплея заснована на явищі поляризації світлового потоку. Кристали-поляроїди здатні пропускати тільки ту складову світла, вектор магнітної індукції якої лежить у площині, паралельній оптичній площині поляроїда. Для решти світлового потоку поляроїд буде непрозорим. У такий спосіб поляроїд ніби просіває світло. Цей процес називається поляризацією світла. Із відкриттям класу рідких речовин, довгі молекули яких чутливі до електростатичного й електромагнітного поля і здатні повертати площину поляризації світла, з'явилася можливість керувати поляризацією. Ці аморфні речовини за схожість із кристалічними речовинами за електрооптичними властивостями, а також за здатність набувати форми посудини, назвали рідкими кристалами.[10]

2.7.Обґрунтування типу блютуз модуля

Для передачі даних на відстань застосуємо блютуз модуль.

Модуль Bluetooth BLE – це технологія, яка діє як інтерфейс, який підтримує бездротове з'єднання Bluetooth з низьким енергоспоживанням будь-яких двох пристроїв і встановлює протокол для передачі даних між пристроями. дані передаються в певних частотних діапазонах.

Є різні бренди, типи, моделі і класифікації модулів Bluetooth. Різноманітне поширення Bluetooth-модулів робить їх одними з найбільших в Інтернеті речей. (Інтернет речей) протоколи підключення.

1. В залежності від класифікації модуля Bluetooth, модулі Bluetooth зазвичай мають максимальну дальність зв'язку близько 100 м. І, тому короткодіючі.

2. Конструкція схеми визначає радіус дії модуля Bluetooth LE..

3. Модулі Bluetooth з низьким енергоспоживанням споживають мало енергії та потужності і тому ідеально підходять для пристроїв з харчуванням від однієї батареї або обміну невеликими пакетами даних між пристроями в різних з'єднаннях IoT..

4. Схема модуля Bluetooth підтримує частоту смуги 2,4 ГГц і має широкий спектр застосування..

5. Відповідаючий мікроконтроллер можна використовувати для інтеграції Bluetooth з низьким енергоспоживанням у будь-яку систему.

Типовий модуль Bluetooth має 5-6 виводів. Кожен з них виконує різні функції.

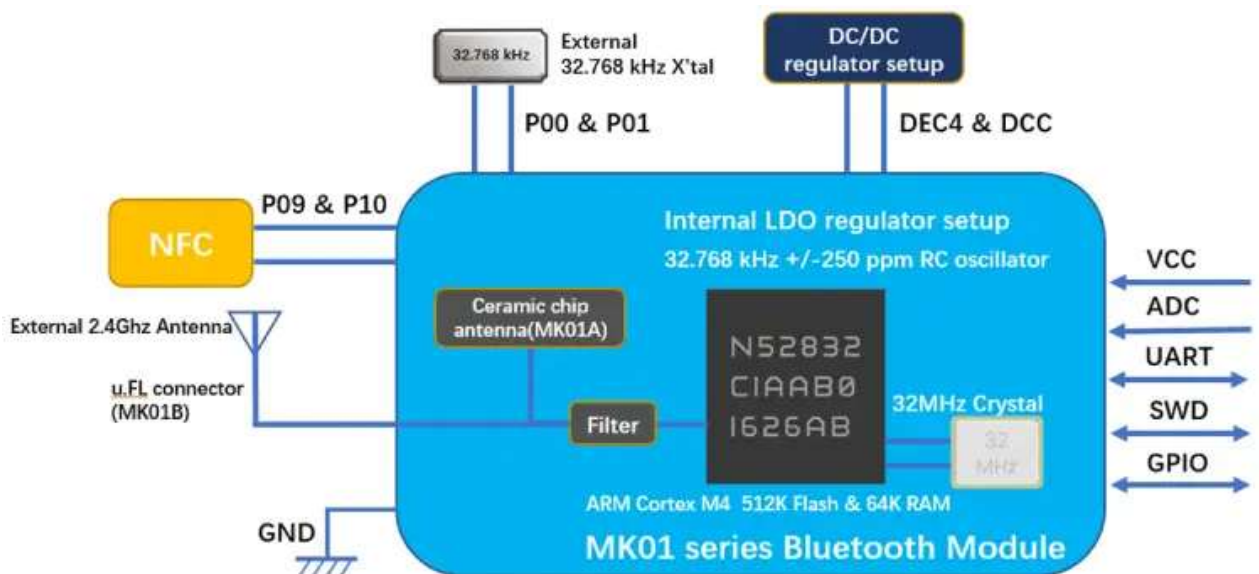


Рис.2.2. Виводи контактів типового модуля Bluetooth

Призначення виводів наступне:

VCC 5 – підключений до виводу VCC.

GND – Використовується для заземлення модуля. Ви підключаєте цей контакт до заземлення модуля.

TXD – підключенні до блоку мікроконтролера. TXD послідовно передає інформацію, отриману модулем Bluetooth, через контакт TXD.

RXD – остаточні дані, які отримують RXD, потім передаються по бездротовому протоколу модулем Bluetooth..

Ключ – використовується для перемикання між АТ-командою модуля Bluetooth і режимами за замовчуванням. Встановив контактний КЛЮЧ на визначене значення.

Стан – вказує стан підключення модуля Bluetooth (Будь то парні або непарні).[11]

2.8.Матиматична модель

Вимірювальний ток (примірно 45 мА) задається резистором R6 і, відрізок R1, через відкритий у цьому випадку транзистор VT1. Подібна проста схема подачі вимірювального потоку може показатися примітивним і не забезпечує гідну погрішність, оскільки в подібних приладах часто використовується складний джерело потоку (ІТ) на активних елементах. Однак, це не зовсім так. Застосування активного ІТ, а також джерела живлення МК, як опорного для АЦП, призводить до температурного дрейфу як одного, так і другого. Це знижує точність вимірювання або вимагає складних схем термокомпенсації. У цьому випадку співпротівлення резистора вираховується за формулою:

$$R_x = N * R_o / (1023 * K_{op} - N), \quad (2.3)$$

де $R_o = R_6 + R_1$, K_{op} – коефіцієнт посилення (КУ) ОУ, N – величина відсчета АЦП. Як видно з формули, результат не залежить від напруги живлення (при його рівні з напругою, поданим на R6) і, взагалі, не залежить від активних елементів. Як результат, на мою думку, дана схема при своїй

простоті забезпечує більшу точність вимірювань, ніж при використанні активного ІТ.

При кожному вимірі вимірювальний ток подається безперервно в теченні всього циклу, що мінімізує вплив більших ємкостей та індуктивностей на результат при внутрішньосхемних вимірах.

2.9. Структурна схема

Структурна схема комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору представлена на рис.2.3.

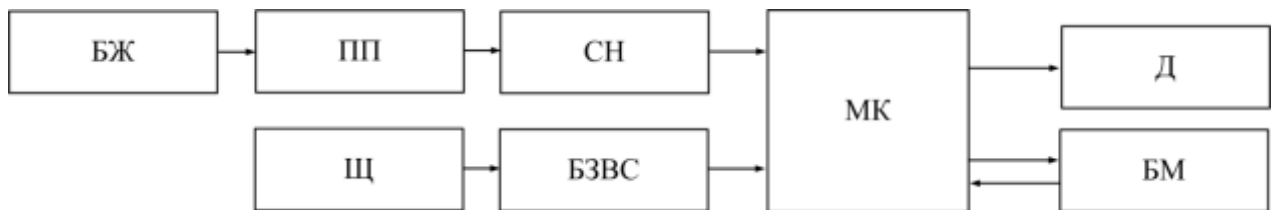


Рис. 2.3. Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання опору в схемі

Схема складається з наступних елементів:

- МК – мікроконтролер;
- ПП – підвищуючий перетворювач напруги;
- СН – стабілізатора напруги;
- Щ – щупи;
- БЗВС – блок задання вимірюючого струму;
- Д – дисплей для виведення результату вимірювання опору.

Висновки до 2 розділу

В другому розділі було розглянуто фізичний принцип вимірювання опору. Обґрунтовані складові структурної схеми та побудована структурна схема. Описана математична модель завдяки якій відбувається визначення опору.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Вибір мікроконтролеру

Мікроконтролер, що підходить для вирішення поставленого завдання, повинен бути вкрай компактним, а вимоги до обчислювальної потужності порівняно невисокі. В якості мікроконтролера обраємо мікроконтролер PIC16F690-I/P.

Зовнішній вигляд мікроконтролеру PIC16F690 та розташування виводів представлені на рис.3.1,3.2.



Рис.3.1. Вигляд мікроконтролера PIC16F690

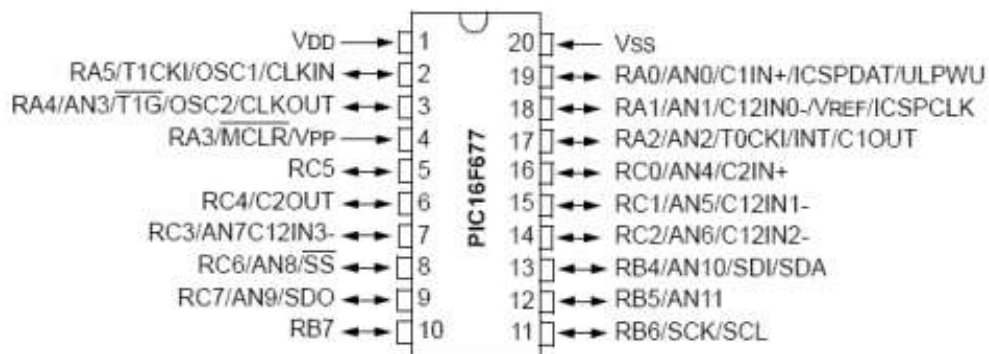


Рис.3.2. Розташування виводів мікроконтролера PIC16F690

Технічні характеристики:

- Корпус (розмір): 20-DIP (0.300", 7.62mm);
- Робоча температура: -40°C ~ 85°C;
- Тип осцилятора: Internal;
- Перетворювачі даних: A/D 12x10b;
- Напруга джерела (Vcc/Vdd): 2 В ~ 5.5 В;

- Розмір пам'яті: 256 x 8;
- EEPROM Size: 256 x 8;
- Тип програмованої пам'яті: FLASH;
- Розмір програмованої пам'яті: 7KB (4K x 14);
- Число вводів/виводів: 18;
- Периферія: Brown-out Detect/Reset, POR, PWM, WDT;
- Швидкість: 20MHz;
- Підключення: I²C, SPI, UART/USART;
- Розмір ядра: 8-bit;
- Процесор: PIC;
- Серія: PIC® 16F.[12]

Блок схема мікроконтролеру PIC16F690 представлена на рис.3.3.

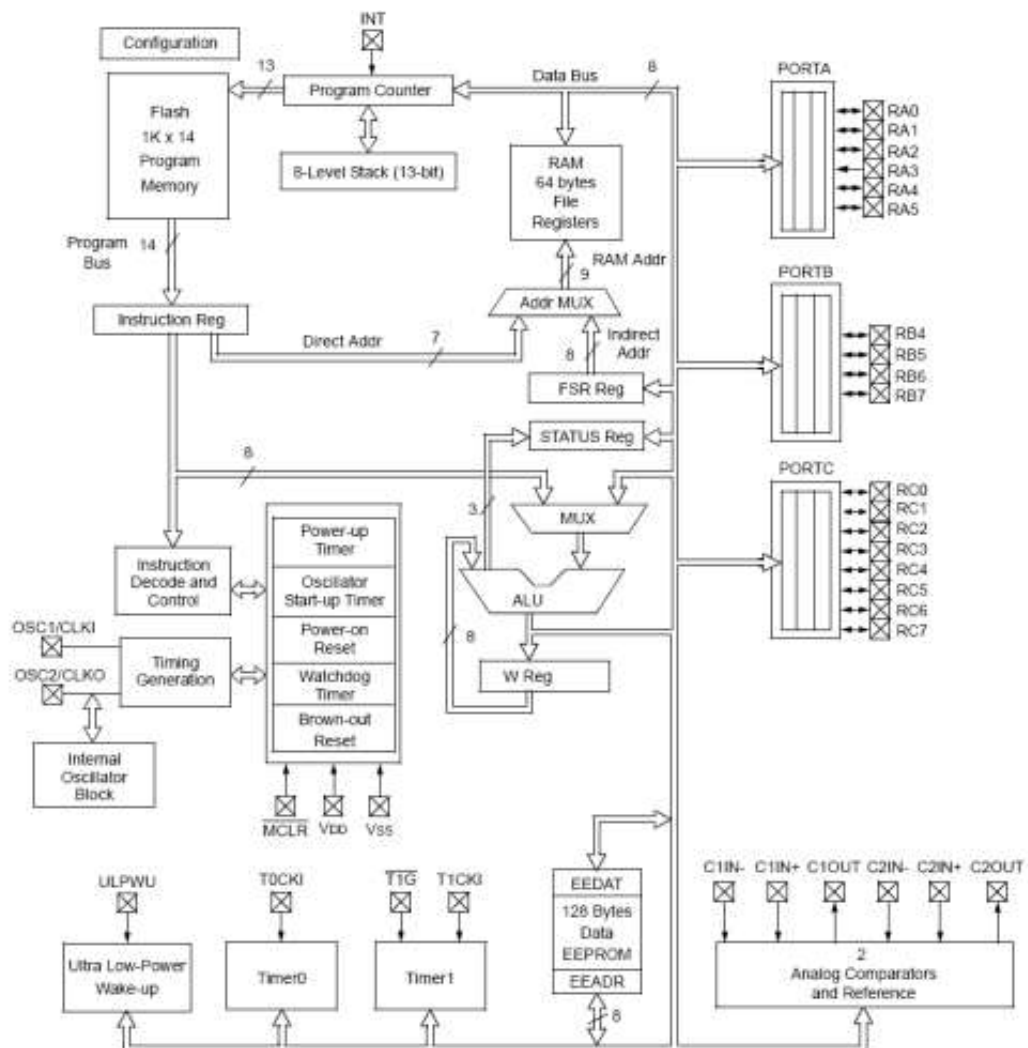


Рис.3.3. Блок схема мікроконтролеру PIC16F690

Спеціальні характеристики мікроконтролера:

- Прецизійний внутрішній генератор:
- Заводське калібрування $\pm 1\%$;
- Можливість програмної вибірки частоти в діапазоні від 32кГц до 8МГц;
- Програмне підстроювання;
- Двошвидкісний режим старту;
- Визначення збою в роботі генератора для критичних додатків;
- Перемикання режиму тактування протягом економії енергії;
- Режим сну для економії енергії;
- Широкий діапазон робочої напруги (2.0-5.5В);
- Індустріальний та розширений температурний діапазон;
- Скидання після увімкнення живлення (POR);
- Таймер нормалізації живлення (PWRT) та таймер запуску генератора (OST);
- Скидання при зниженні живлення (BOR) із програмною опцією управління;
- Розширений економічний сторожовий таймер (WDT) з розташованим на кристалі генератором (програмно вибирається до 268 секунд з повним представником) та програмним включенням;
- Програмований захист коду програми;
- Тривалий термін служби осередку Flash/EEPROM: 100,000 записів у Flash область;
- 1,000,000 записів в EEPROM облсті;
- Час зберігання даних у Flash та EEPROM: > 40 років;
- Розширений модуль USART:
- Підтримка RS-485, RS-232 та LIN 2.0;
- Автопробудження на стартовий біт.[13]

3.2. Вибір блоку живлення

Для живлення вимірювальної системи буде використана гальванічний елемента типорозміру ААА. Ці батарейки використовуються для електронних приладів з живленням від низького струму, іграшок або підсвічування. Також підходять для малопотужних приладів: настінних/настільних годинників, пультів ДУ тощо.

Батарейки ААА можуть відрізнятися між собою. На це варто обов'язково звертати увагу, оскільки від типу електрода та встановленого анода залежить ємність заряду, тривалість роботи та інші експлуатаційні характеристики. Носії постійного струму ААА поділяються на три види:

Сольові (R03). Активним компонентом анода є діоксид марганцю з електролітом, ацетиленовою сажею або графітом. Основним компонентом негативного електрода є цинк із включеннями свинцю, кадмію або галію. Сольова батарейка ААА ціна, яка є дуже низькою, конструктивно не змінилася з моменту її винаходу. Також вона має низьку ємність заряду і працює лише за плюсового температурного режиму.

Лужні (LR03). Джерело струму працює за рахунок цинково-марганцевого елемента живлення. Як електроліт служить лужний розчин, катод і діоксид марганцю і анод з порошкоподібного цинку.

Енергоємність таких мізинчикових батарей значно вище ніж сольових аналогів і може досягати до 1100 мАг. Також вони можуть працювати у температурних межах від -30 до +50 градусів. Однак у порівнянні з сольовими аналогами, на лужні батареї ААА ціна у кілька разів вища.

Літієві (FR03). Основними елементами живлення такого джерела є літієвий анод, катод і органічний електроліт, який може складатися з різних компонентів. Такі батареї мають найвищу у своєму типі ємність заряду, яка досягає 1300 мАг. Також вони мають широкий температурний діапазон роботи (від -40 до +55 ° С) і також відмінно підходять для пристроїв, які вимагають подачі енергії без стрибків. Єдиним недоліком є найвища ціна.

Лужні елементи живлення, в порівнянні з сольовими, довше зберігають робочі властивості, володіють великою ємністю, терміном зберігання і

робочим діапазоном температур. За рахунок кращих розрядних характеристик використовуються там, де потрібно постійне навантаження - бездротові пристрої, радіоприймач.



Рис.3.4. Вигляд батарейки типу розміру AAA

AAA батарейка в народі називається мізинчиковою батарейкою і її часто плутають з елементом типу AA (пальчиковою). Різниця між цими джерелами полягає у розмірі корпусу та ємності заряду. Так, AAA батареї мають такі характеристики:

- Довжина корпусу – 44,5 мм.
- Діаметр корпусу – 10,5 мм.
- Робоча напруга – 1,5 вольт.
- Місткість заряду від 300 до 1300 мАг.
- Вага - 16 грам.
- Термін зберігання від 1 до 10 років (залежно від елемента живлення).[14]

3.3. Вибір перетворювачів напруги

Сучасні електронні пристрої для забезпечення високої точності своєї роботи висувають високі вимоги до стабільності напруги живлення. Задовольнити їх при високих інших показниках (габарити, маса, вартість та

ін.) дозволяє широке застосування стабілізаторів у інтегральному виконанні, як з фіксованою вихідною напругою, так і універсальних (з регульованою вихідною напругою).

Стабілізатори з фіксованою вихідною напругою мають внутрішній дільник, що забезпечує задання необхідного значення вихідної напруги. Налаштовуються вони на величини стандартного ряду напруг живлення у процесі виробництва.

В якості стабілізатора напруги використаємо універсальний трививідний стабілізатор XC6206P301 рис.3.5.

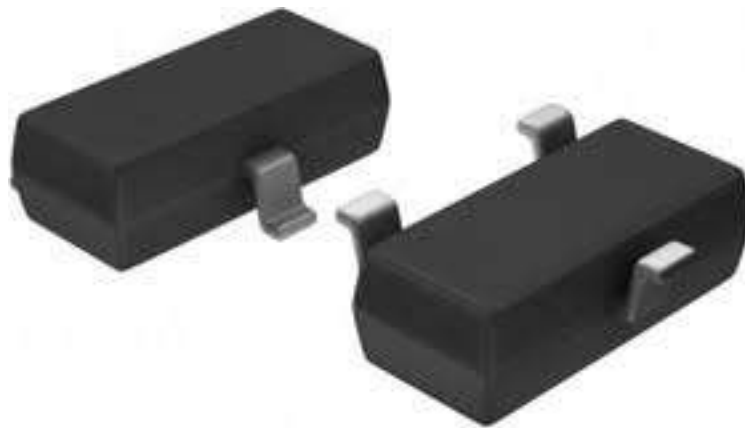


Рис. 3.5. Вигляд стабілізатора XC6206P301

Розташування виводів стабілізатора XC6206P301 рис.3.6.

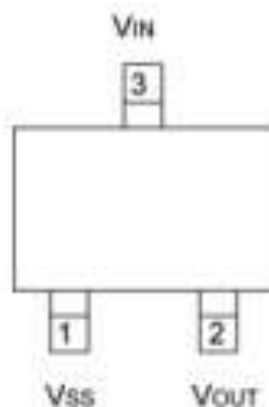


Рис. 3.5. Розташування виводів стабілізатора XC6206P301

Блок діаграма стабілізатора XC6206P301 представлена на рис.3.6.

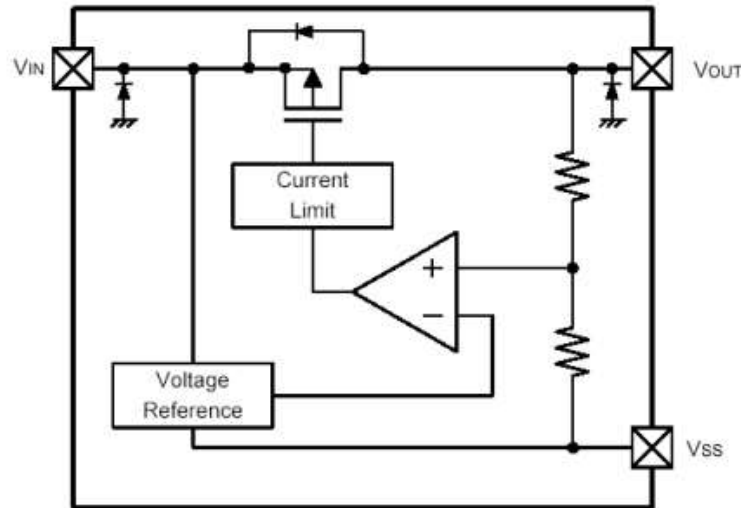


Рис. 3.6. Блок діаграма стабілізатора XC6206P301

Серія XC6206 – це високоточні стабілізатори позитивної напруги з низьким енергоспоживанням, високою напругою, виготовлені з використанням

Технології CMOS і лазерного обрізання. Серія забезпечує великі струми зі значно малим падінням напруги.

XC6206 складається зі схеми обмежувача струму, драйверного транзистора, прецизійної опорної напруги та схеми корекції помилок.

Серія сумісна з керамічними конденсаторами з низьким ESR. Схема відкидання обмежувача струму також працює як коротке замикання захистити обмежувач вихідного струму та вихідний штифт.

Вихідна напруга може регулюватися внутрішньо за допомогою технологій лазерного підрізання. Його можна вибрати з кроком 0,1 В у діапазоні 1,2 В до 5,0 В.

Технічні характеристики:

- Максимальний вихідний струм: 250mA (5.0 V);
- Напруга падіння: 250mV при 100mA (3.0 V);
- Максимальна робоча напруга: 6.0 V;
- Діапазон вихідної напруги: 1.2 В – 5.0 В (з кроком 0.1 В);
- Висока точність: фіксована точність напруги $\pm 2\%$;

- Низьке енергоспоживання;
- Діапазон робочих температур: $-40.. +80$;
- Вбудована схема обмеження струму .[15]

В якості підвищуючого перетворювача буде виступати регулятор напруги 3,3 В на елементах NCP140SN33 рис.3.7.



Рис. 3.7. Вигляд підвищуючого перетворювача NCP1402

Позначення пінів NCP1402 рис.3.8.

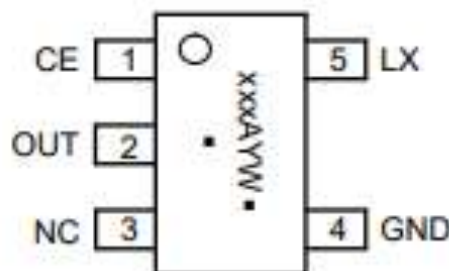


Рис. 3.8. Призначення пінів підвищуючого перетворювача NCP1402

Серія NCP1402 — це монолітні мікропотужності, що підвищують DC до DC конвертер, спеціально розроблений для живлення портативного обладнання від одно- або двокомпонентних батарейних блоків. Ці пристрої розроблені для запуску з напругою елемента 0,8 В і працюють при зниженні напруги до 0,3 В.

Завдяки лише трьом зовнішнім компонентам ця серія дозволяє легко реалізувати високоефективні перетворювачі, здатні створювати вихідний струм до 200 мА при $V_{in} = 2,0$ В, $V_{OUT} = 3,0$ В.

Кожен пристрій складається з вбудованого в мікросхему PFM (частота імпульсумодуляція) генератор, контролер PFM, компаратор PFM, плавний запуск, опорна напруга, резистори зворотного зв'язку, драйвер і силовий MOSFET вимикач із захистом від обмеження струму. Додатково є мікросхема включення передбачена функція для відключення живлення конвертера для подовженого використання батареї життя.

Серія пристроїв NCP1402 доступна в тонкій SOT-23-5 пакет з п'ятьма стандартними регульованими вихідними напругами. Додатковий напруги в діапазоні від 1,8 В до 5,0 В з кроком 100 мВ можуть бути виготовлені.

Схема підключення NCP1402 рис.3.9.

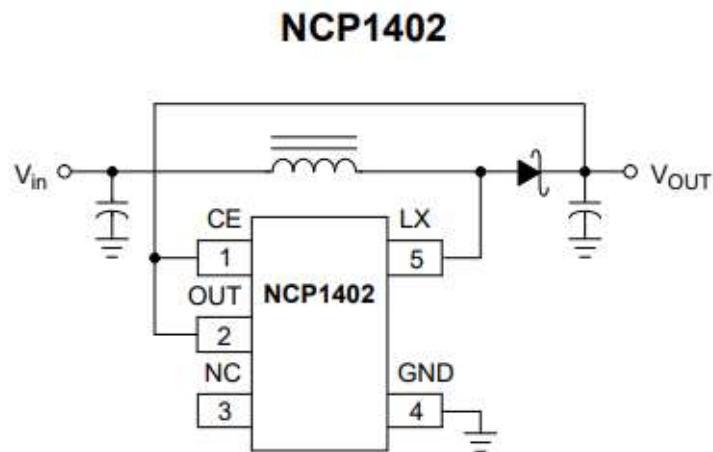


Рис.3.9. Схема підключення NCP1402

Технічні характеристики;

- Надзвичайно низька початкова напруга 0,8 В
- Робота до менше ніж 0,3 В;
- Висока ефективність 85% ($V_{in} = 2,0 \text{ В}$, $V_{OUT} = 3,0 \text{ В}$, 70 мА);
- Низький робочий струм 30 А ($V_{OUT} = 1,9 \text{ В}$);
- Точність вихідної напруги $\pm 2,5\%$;
- Низькі пульсації перетворювача з типовими 30 мВ;
- Потрібні лише три зовнішні компоненти;
- Можливість відключення живлення від мікросхеми для подовження терміну служби батареї.[16]

3.4. Вибір роз'єму для підключення щупів

Штекери типу «банан» – конектори у вигляді наконечника, що монтується на кабель для з'єднання акустики, щупів лабораторного блоку живлення або тестера.



Рис.3.10.Вигляд штекера типу «банан»

Контактна клема виконана з чотирьох пружних пластин, що забезпечують щільний контакт штекера з гніздом. Діаметр контакту штекера становить 4 мм. Як ізоляція використовується захисний корпус виконаний з ПВХ або нейлону.

Корпус штекерів має розбірну конструкцію і призначений для монтажу на кабель за допомогою пайки або з використанням гвинтів, залежно від конструкції. Ізолятор штекерів може бути представлений у різних кольорах. Найчастіше зустрічаються чорні та червоні.

Завдяки простоті та зручності у використанні, штекери типу банан знаходять широке застосування в акустичних системах, вимірювальній апаратурі та лабораторних блоках живлення. Також штекери типу банан є складовою частиною лабораторних щупів для тестера і підключаються безпосередньо до гнізда вимірювального пристрою.



Рис. 3.11. Вигляд штекера типу «банан»

Роз'єм типу «банан» – конектори для установки на панель приладів з фіксацією за допомогою гайки. Діаметр гнізда роз'єму становить 4 мм і підходить для з'єднання зі штекерами банан. Матеріалом ізоляції рознімів є нейлон. Колір рознімів: чорний, червоний, синій, жовтий, зелений для зручного позначення різних роз'ємів. Граничний струм експлуатації гнізда типу банан становить 10 А, робоча напруга до 250 В.

3.5.Вибір дисплею

Для відображення вимірюваних величин опору застосовуємо дисплей 1602 по інтерфейсу I2C рис.3.12.



Рис.3.12. Зовнішній вигляд дисплея 1602 I2C

LCD – дисплей 1602 + модуль шини I2C/IIC – ідеальне рішення для проєктів, які розробляються за допомогою родини мікроконтролера Ардуїно. Дисплей Arduino 1602 може показувати інформацію в 16 символах, які розміщуються на два рядки.

Під час підключення графічного дисплея використовується модуль I2C, який дуже сильно спрощує підключення і водночас використовує тільки 4 піна для під'єднання. Два використовуються для живлення і два для передавання даних.

Параметри LCD - дисплея 1602:

- LCD - контролер: HD44780.
- 16 символів.
- 2 рядки.
- Напруга живлення: 5 В.
- Висота 36 мм.
- Ширина 80 мм.

LCD 1602 дисплей + модуль IIC/I2C означає, що використовується LCD 1602 дисплей (16 символів на 2 рядки) з інтерфейсом IIC/I2C для спрощеного підключення та управління.

Підключення LCD 1602 дисплея до мікроконтролера може бути дещо складним через кількість необхідних пінів та складності керування. Однак використання модуля IIC/I2C полегшує цей процес.

Модуль IIC/I2C для LCD 1602 дисплея дозволяє підключати дисплей до мікроконтролера за допомогою кількох дротів. Замість того, щоб підключати кожен окрему ногу дисплея, модуль IIC/I2C використовує двопровідний інтерфейс (SDA та SCL) для передачі даних та управління.

Це спрощує процес підключення та звільняє більше пінів на мікроконтролері для інших функцій. Крім того, використання IIC/I2C інтерфейсу дозволяє знизити складність програмування, оскільки існує багато бібліотек та кодів для роботи з цим інтерфейсом.

Якщо ви використовуєте LCD 1602 дисплей + ПС/I2C модуль, вам буде простіше підключити дисплей до мікроконтролера та керувати ним за допомогою меншої кількості проводів та зменшеної складності програмування.[17]

3.6.Вибір блютуз модуля

Для передачі виміряних даних опопру на відстань застосуємо блютуз модуль HC-05 рис.3.13.

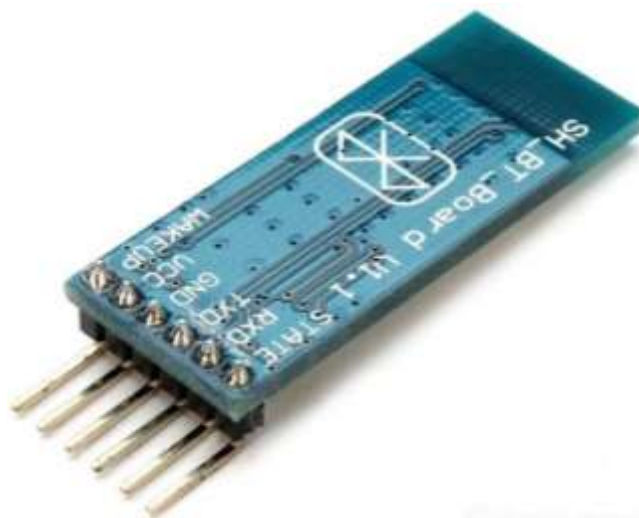


Рис.3.13. Блютуз модуль HC-05

Bluetooth-модуль HC-05 – простий спосіб бездротового дистанційного керування вашим пристроєм за допомогою bluetooth.

Блютуз модуль HC-05:

Bluetooth-модуль HC-05 може працювати у 2-х режимах:

- Master (або сервер) – в цьому режимі модуль може сам підключитися до якогось Bluetooth девайсу.
- Slave – у цьому режимі інший майстер може підключитися до модуля.

З'єднання стандартне для пристроїв, що підключаються за послідовним інтерфейсом:

Контакт RX модуля підключається до контакту TX цільового пристрою;

Контакт TX модуля підключається до контакту RX цільового пристрою.

Характеристики:

- Напруга живлення 3,3-6 В;
- Максимальна вхідна напруга логічної одиниці 5;
- Вихідна напруга логічної одиниці 3,3 В;
- Максимальний струм споживання 45 мА;
- Швидкість передачі 1200–1382400 бод;
- Дальність зв'язку при прямій видимості 10 м.[18]

3.7. Побудова принципово-електричної схеми

Принципова схема міліметра показана на рис. 3.14. Основний його елемент - мікроконтролер DD1 PIC16F690-I/P, що тактується від внутрішнього RC-генератора частотою 8 МГц. Напруга живлення 3 В надходить на мікроконтролер з інтегрального стабілізатора DA3 XC6206P301, що має екстремально низький власний струм споживання (1 мкА) і мінімальне падіння напруги між входом і виходом, необхідне для нормальної роботи.

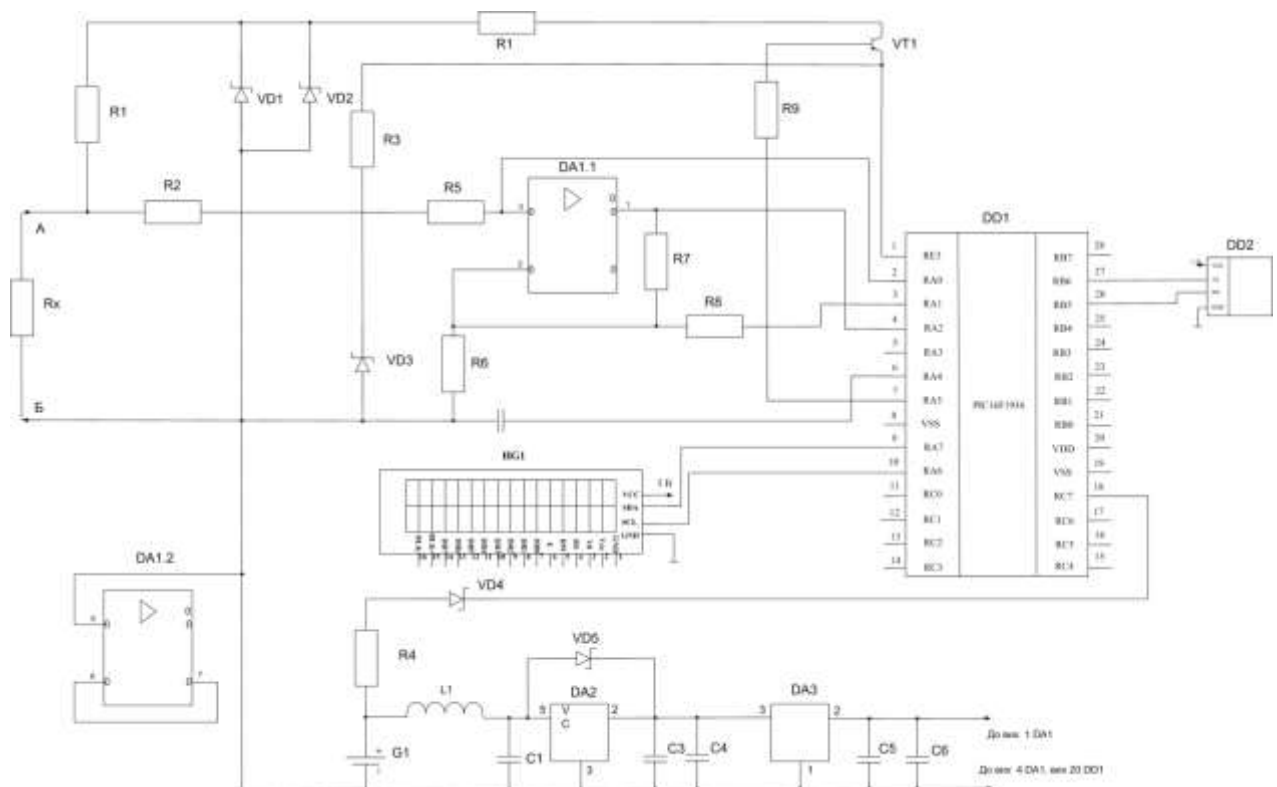


Рис.3.14. Принципова електрична схема

Перелік елементів принципової схеми:

- DD1 – мікроконтролер PIC16F690;
- DD2 – блютуз модуль HC-05;
- HL1 – індикатор FYQ3641;
- L1 – дросель 56 мкГн;
- VT1 – транзистор IPLML6302;
- VD1 – діод 1N4002;
- VD2, VD4 – діод 1N5818;
- VD3 – діод 1N4728A;
- VD4 – діод 1N5817;
- R1 – резистор 0,68Ом;
- R2 – резистор 470Ом;
- R3 – резистор 1Мом;
- R4 – резистор 100Ом;
- R5 – резистор 3,3кОм;
- R6 – резистор 68Ом;
- R7 – резистор 51кОм;
- R8, R9 – резистор 1кОм;
- R10 – резистор 10кОм;
- C1 – конденсатор 1мкФ;
- C2, C3, C5, C6 – конденсатори 10мкФ;
- C4 – конденсатор 220мкФ 160В;
- DA1 – операційний підсилювач MCP602;
- DA2 – перетворювач напруги NCP1402SN33;
- DA3 – стабілізатор напруги C6206P301.

На вхід стабілізатора DA3 надходить напруга 3,3В з підвищуючого перетворювача на елементах DA2, L1, VD5, C1, C3, C4, в якому мікросхема DA2 (NCP1402SN33) включена за типовою схемою. Необхідність додаткового стабілізатора DA3 обумовлена надмірно високим рівнем перешкод на виході підвищуючого перетворювача, що збільшує похибку вимірювань.

Індикатор HG1 FYQ3641BH – чотирирозрядний семиелементний світлодіодний червоного кольору світіння. Аноди світлодіодів його елементів підключені до порту С мікроконтролера, а загальні катоди розрядів - його порту В. Тут застосована поелементна динамічна індикація. У кожний момент часу мікроконтролер керує лише одним із 32 елементів індикатора. Такий принцип дозволив відмовитися від розрядних ключів і від резисторів у ланцюгах елементів. Амплітуда генерованих мікроконтролерів імпульсів струму не перевищує 15 мА.

Хоча на схемі показаний індикатор FYQ3641BH із загальними катодами розрядів, у запропонованому міліметрі без жодної зміни схеми та програми можна використовувати і подібний до нього індикатор із загальними анодами. Програма сама визначить його конфігурацію і формуватиме відповідні їй управляючі сигнали. Визначення вона проводить на початку своєї роботи, встановлюючи на виході мікроконтролера RC0 високий рівень напруги, а на розрядних виходах RB4-RB7 - низькі рівні. Напруга на виведенні RC0, який одночасно є аналоговим входом AN4, вимірює АЦП мікроконтролера. За набутим значенням програма робить висновок про конфігурацію індикатора. При цьому не потрібні додаткові зовнішні елементи.

Управління динамічною індикацією організоване у процедурі обробки запитів переривання від таймера TMR1, що йдуть з періодом 512 мкс. Цикл індикації займає 32 таких періоди - 16,384 мс, що відповідає частоті проходження циклів близько 61 Гц. Яскравість світіння індикатора цілком достатня та комфортна, хоча середній струм через елемент невеликий.

При відкритому польовому транзисторі VT1 через опір R_x , що вимірюється, тече струм близько 45 мА, заданий резисторами R9 і R1. При кожному вимірі цей струм подається безперервно протягом всього циклу, що мінімізує вплив ємнісних та індуктивних складових повного опору об'єкта на результат вимірювання.

Система захисту приладу від підвищеної напруги на вході складається з резисторів R1, R2, R5, діодів VD1, VD4 та стабілітрона VD2. Діод із бар'єром Шоттки VD4 обмежує позитивну напругу між щупами А та Б до 250 мВ, що

важливо при вимірюваннях на друкованих платах, заповнених електронними компонентами. При перевищенні цього значення можуть відкритися і бути пошкоджені вимірювальним струмом рп переходи малопотужних напівпровідникових приладів, які підключені паралельно об'єкту вимірювання.

Операційний підсилювач DA1.2 посилює дуже невелику напругу (іноді менше десятих часток мілівольта), що знімається з опору R_x . Коефіцієнт посилення ОП програма може встановити рівним 67 чи 16,8, змінюючи стан виходу AN1, при низькому логічному рівні напруги у якому резистори R6 і R8 виявляються з'єднаними паралельно. Як з'ясувалося, під час роботи динамічної індикації цей вихід наводиться перешкода. Тому на час роботи АЦП програма її вимикає.

Оскільки споживаний ОП MCP602 струм дуже малий, можна було жити його безпосередньо напругою високого рівня, встановленим на виході RA4 мікроконтролера. Для компенсації постійного зміщення передавальної характеристики ОУ на нього подано зовнішнє позитивне зміщення з ділянки напруги R2R3, яке вимірює програма і враховує при обчисленні результату. Крім того, струм через резистор R6 створює на вході приладу потенціал, необхідний визначення розімкнутого стану вимірювальних щупів.

Напруга елемента живлення G1 подано для вимірювання виведення RC7 мікроконтролера через ланцюг R4VD3. Резистор R4 обмежує витік струму при роботі динамічної індикації, а діод з бар'єром Шоттки VD3 зменшує струм, що втікає в елемент живлення G1 в режимі сну. На вимірювання напруги діод не має істотного впливу, тому що при малому (не більше 0,5 мкА) прямому струмі, на ньому падає всього близько 20 мВ, які компенсуються програмно.

У сплячому режимі і елементи, і розряди індикатора HG1 подається напруга високого рівня, що вимикає індикатор. Прилад "засинає", якщо протягом не менше 40 з його щупи А і Б ні з чим не з'єднані або замкнуті між собою. З цього режиму мікроконтролер виходить за запитами переривання від свого сторожового таймера, що настає з періодом близько 150 мс. Якщо стан

щупів після попередньої перевірки не змінилося, мікроконтролер знову засинає. Так триває доти, доки стан щупів не зміниться. У цьому випадку пристрій переходить у робочий режим. Таке рішення дозволило обійтися без кнопки установки мікроконтролера у вихідний стан без вимикача живлення.

3.8.Розробка друкованої плати

По конструкції друковані плати діляться на наступні типи: односторонні, двосторонні і багатошарові. При виборі типу друкованих плат для конструкції, що розробляється, слід враховувати техніко-економічні показники.

Односторонні друковані плати є діелектричною основою з отворами, пазами, вирізами і т. п., на одній стороні якого виконаний малюнок, що проводить, а на іншій при зборці розміщують інтегральні мікросхеми і електрорадіоелементи.

У зв'язку з обмеженою площею для трасування рисунку схеми такі друковані плати застосовують для простих електронних пристроїв побутового і допоміжного призначення. Найбільш прості по конструкції і дешеві у виготовленні односторонні друковані плати без металізованих отворів. Складніші, але і більше надійні в експлуатації плати з металізованими з допомогою пістонів отворами.

Двосторонні друковані плати мають малюнок, що проводить, на обох сторонах діелектричної основи.

Багатошарові друковані плати складаються з шарів ізоляційного матеріалу і малюнка, що проводить, що чергуються. Між слоями, що проводять, в структурі плат можуть бути наявними або бути відсутніми міжшарові з'єднання.

Залежно від складності електричної схеми, що реалізовується, і вживаної елементної бази вибирають конструктивне виконання плати, число шарів і щільність малюнку схеми. При виборі числа шарів плати слід мати на

увазі, що найменш трудомісткі і прості в виготовленні односторонні друковані плати без металізованих отворів.

По точності виконання елементів (згідно ГОСТ 23751 - 86) конструкції ДП діляться на п'ять класів.

Друковані плати 1-го і 2-го класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. Друковані плати 3-го, 4-го і 5-го класів точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструменту і устаткування, обмеження габаритних розмірів, а в окремих випадках і особливих умов при виготовленні.

Рекомендується розробляти ДП простої прямокутної форми. Конфігурацію, відмінну від прямокутної, слід застосовувати тільки в технічно обгрунтованих випадках.

Друковані плати сучасного типу можуть бути виготовлені за однією з двох технологій - адитивним або субтрактивним способом. У першому випадку провідний малюнок на матеріалі формується за допомогою процедури хімічного міднення.

Для того, щоб цей процес був успішний, попередньо на діелектрик наносять спеціальну захисну маску. Особливість субтрактивного методу полягає в тому, що провідний малюнок формується на вже фольгованому матеріалі шляхом ліквідації непотрібних ділянок.

Процес виробництва друкованих плат складається з таких етапів:

- Виробництво заготовки для плати.
- Подальша обробка заготовки.
- Здійснення монтажу всіх необхідних елементів плати.

Для здійснення монтажу елементів на плату, використовується технологія пайки. Така процедура дозволяє отримати абсолютно нероз'ємне з'єднання деталей за допомогою введення розплавленого металу.

Для цього використовується спеціалізована техніка, проте сам процес можна виконувати і в домашніх умовах так як він не є надзвичайно важким. Однак найбільш високих результатів надійності і працездатності можна

досягти тільки замовивши виготовлення друкованих плат у спеціалізованих компаній по виробництву плат.

Друкована палата збиратиметься по технології DIP. ДП/DIP монтаж або вивідний монтаж – це процес паяння електронних компонентів в отвори плати. Ця процедура проводиться за відносно низьких температурних режимів, до 450 градусів Цельсія. Така пайка вважається надійнішою, оскільки за кожною операцією слідує оператор. Також DIP-технологію використовують під час ремонту мікросхем.

Переваг технології DIP:

- мінімальний рівень браку;
- можливість використовувати компоненти середньої якості;
- використання паяльника як основний робочий інструмент.

Підготовка та процес dip/діп монтажу:

- Підготовка виводів всіх електронних компонентів – надання необхідної форми, довжини та інше;
- Фіксація елементів на платах за допомогою підклеювання;
- Пайка компонентів на платі за допомогою ручного високотехнологічного паяльника та флюсу.

Друкована плата міліомметра на (рис.4.14 а,б).

Плата виготовлена відповідно з особливостей виробництва по хімічному субтрактивному методу.

1. Відповідно до ГОСТ 2.3751-86 для даного виробу необхідно вибрати четвертий клас точності друкованої плати.

2. Габаритні розміри друкованих плат повинні відповідати ГОСТ 10317-79. Для односторонніх друкованих плат максимальні розміри можуть бути 600 x 600 мм. Габаритні розміри даної друкованої плати задовольняють вимогам даного ДСТ.

3. Відповідно до вимог ОСТ 4.077.000 вибираємо матеріал для плати на підставі склотканини - склотекстоліт СФ-2-50-2 ГОСТ 10316-78. Товщина 2 мм.

4. Відповідно до ГОСТ 24140-78 і виходячи з особливостей схеми, вибираємо крок координатної сітки 1,25 мм.

5. Спосіб отримання малюнка - фотохімічний.

6. Номінальне значення діаметрів монтажних отворів:

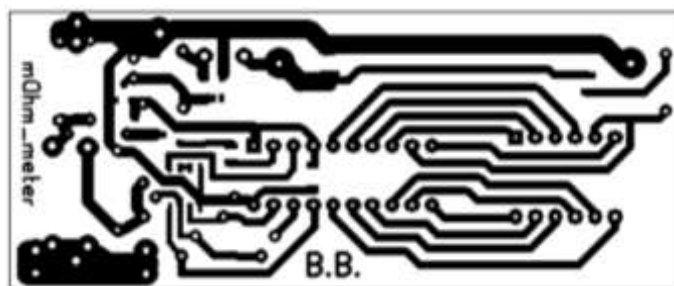
Таблиця 3.1 – Діаметри монтажних отворів

	Діаметр отвору
Мікросхема	$d = 0,5 - 0,9$ мм
Резистор	$d = 0,5 - 0,9$ мм
Діод, стабілітрон	$d = 0,5 - 0,9$ мм
Транзистор	$d = 0,5 - 0,9$ мм
Конденсатор	$d = 0,5 - 0,9$ мм
Роз'єм	$d = 1 - 1,4$ мм

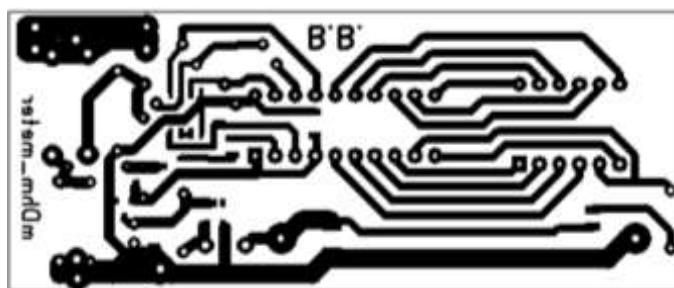
7. Габарити друкованої плати - 85 x 35 мм.

8. Висота пристрою - не більше 25 мм.

9. Напруга живлення – 1,5 В.



а



б

Рис. 3.15. Друкована плата міліомметра: а – зовнішня сторона плати; б – дзеркальне відображення

Висновок до 3 розділу

В третьому розділі був проведений вибір елементів системи вимірювання опору, приведений зовнішній вигляд елементів, розташування виводів та описані технічні характеристики.

На базі структурної схеми та обраних елементів була побудована принципова схеми вимірювальної системи опору.

Була спроектована друкована плата вимірювальної системи опору.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1. Розробка алгоритму

Блок «Початок» пробуджує систему з режиму сну. Наступним є блок «Налаштування портів», на виходи мікроконтролера RC0-RC7 та RB4-RB7 під'єднуються виходи індикатора. На виходи AN0-AN2 та RA4, RA5 під'єднуються виводи операційного підсилювача. На вивід MCLR під'єднується емітер транзистора. Після налаштування портів визначаються змінні: `#define Bs, #define _D1, #define portb_sign0_pin, #define A_direct RA0, const unsigned char, unsigned char, int, short.`

Блок підключення блютуз модуля виконує підключення та ініціалізацію.

Затримка в 0,5 секунд потрібна для повідомлення мікроконтролеру про настання якоїсь події.

Блок «Гасіння індикатора» виконується для перезавантаження пам'яті у випадку якщо там є старі значення. Після цього йде блок «BIN→BCD» в якому відбувається трансформація символів двійкової системи в десяткову для виводу на дисплей.

Блок «Датчик=1?» запитує чи спрацював датчик, вразі виконання рівності виконується блок «i=0;1;10» який вимірює 10 значень по циклу. Наступний блок «X=(X...X10)/10» обраховує середнє значення серед 10 виміряних показників попереднього блоку. Після чого перевіряється правильність значення про вхід в діапазон вимірювання, за це відповідає блок «Правильне значення?», якщо значення входить в діапазон то виводиться на дисплей значення опору за це відповідає блок «Вивід R». А вразі не попадання в діапазон то спрацює блок «Вивід значення поза діапазоном» який виводить помилку про невірність діапазону.

Після отриманих виміряних даних система їх передає на відстань через блютуз модуль.

У разі не спрацюванні умови в блоку «Датчик=1?» спрацює блок «Очікування 40 сек». Система очікує сигнал на дачки, в разі не отримання дія переходить до блоку передачі даних «Кінець» який вимикає індикатор і переводить систему в режим сну.

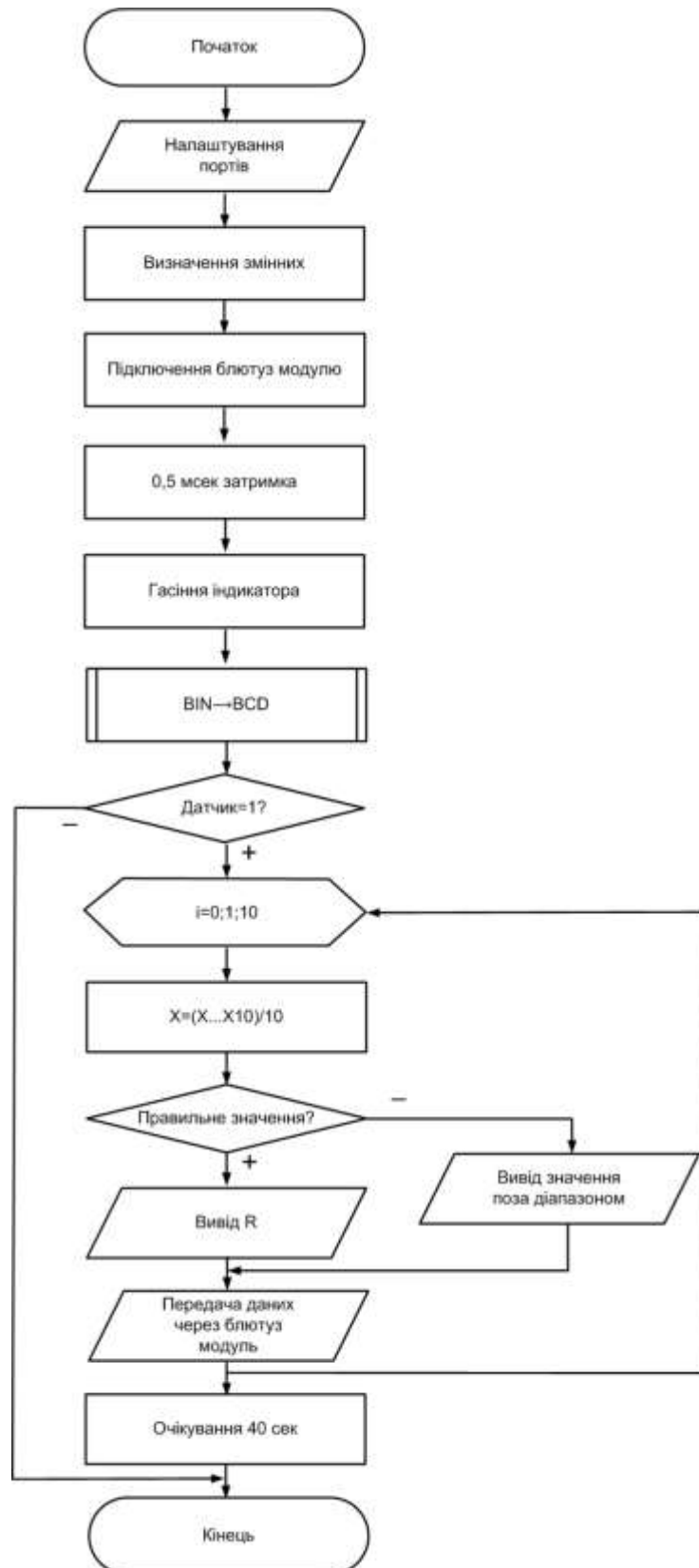


Рис. 4.1. Алгоритм програми вимірювальної системи

4.2.Розробка програми

Для мікроконтролерів PIC існують різні середовища програмування, але найбільш поширеними є MPLAB IDE, оскільки в цьому середовищі в найкращій мірі реалізовані всі необхідні можливості з управління апаратними засобами мікроконтролерів.

MPLAB – це інтегроване середовище розробки (IDE) для сімейства мікроконтролерів. PICmicro фірми Microchip Technology Incorporated. MPLAB дозволяє писати, налагоджувати і оптимізувати програми для розробок. MPLAB включає текстовий редактор, симулятор (віртуальний відладник), менеджер проектів і підтримує емулятори (внутрішні відладники) MPLAB-ICE і PICMASTER, програматори PICSTART Plus і PRO MATE II та інші засоби та інструменти розробок фірми Microchip і інших фірм. MPLAB дозволяє писати програми на двох мовах: СІ і Асемблер.

Інструментальні засоби MPLAB, організовані як спадаюче меню і зумовлені швидкі клавіші, дозволяють:

- асемблювати, компілювати вихідний текст;
- налагоджувати логіку роботи, спостерігаючи за допомогою симулятора або, в реальному часі, з емулятором MPLAB-ICE;
- переглядати змінні у вікнах перегляду;
- програмувати кристали за допомогою програматорів PICSTART Plus або PRO MATE II.

MPLAB складається з наступних основних модулів:

- MPLAB Project Manager - засоби роботи на проектами;
- MPLAB-SIM Software Simulator - симулятор програм;
- MPLAB Editor - повноцінний текстовий редактор;
- MPASM Universal Macro Assembler - компілятор з асемблера, компонувальник.

Вбудований програмний симулятор дозволяє переглядати вміст пам'яті даних і програм. Симулятор працює в режимі покрокового виконання і дозволяє виконувати трасування програм у різних режимах.

Отладочная середу MPLAB легко освоюється і включає вбудовану систему.

Контролер працює за певною програмою. Програму в машинних кодах, готову для запису в контролер називають прошивкою. Для запису програми використовують програматор.

Програма для контролера - це набір машинних кодів, записаний у файлі з розширенням "hex", який і потрібно записувати в контролер за допомогою програматора. Ніякої іншої мови контролер не розуміє. Отже, потрібна спеціальна програма, яка буде перекладати текст програми, написаний на якій-небудь мові програмування, в машинні коди. Найбільш зручними в цьому плані є інтегровані середовища розробки (IDE – integrated development environment), оскільки вони можуть не тільки здійснювати переклад тексту програми в машинний код, але і проводити симуляцію її роботи. Причому симуляцію можна проводити покроково, при цьому можна спостерігати стан регістрів або навіть міняти їх стан за своїм бажанням.

Якщо вибирати, в якій мові писати програму для мікроконтролера, то кращими варіантами будуть мови Сі та Асемблер, оскільки в них в найкращій мірі реалізовані всі необхідні можливості по управлінню апаратними засобами мікроконтролерів.

Асемблер програє Сі в швидкості і зручності розробки програм, але має помітні переваги в розмірі кінцевого виконуваного коду, а відповідно, і швидкості його виконання.

Сі дозволяє створювати програми з набагато більшим комфортом, надаючи розробнику всі переваги мови високого рівня. Компіляція вихідних текстів, написаних на Сі, здійснюється швидко і дає компактний, ефективний код.

Основні переваги Сі перед асемблером: висока швидкість розробки програм; універсальність, що не вимагає досконалого вивчення архітектури мікроконтролера; найкраща документованість і читаність алгоритму; наявність бібліотек функцій; підтримка обчислень з плаваючою крапкою.

У мові Сі гармонійно поєднуються можливості програмування низького рівня з властивостями мови високого рівня. Можливість низькоурівневого програмування дозволяє легко оперувати безпосередньо апаратними засобами, а властивості мови високого рівня дозволяють створювати легко читається і модифікується програмний код. Крім того, практично всі компілятори Сі мають можливість використовувати асемблерні вставки для написання критичних за часом виконання і займаним ресурсів ділянок програми.

Текст розробленої програми представлений нижче (налаштування) та основний код представлений в Додатку А.

```
// define pins to segments -----
#define Bs (1<<RC0)
#define Fs (1<<RC1)
#define As (1<<RC2)
#define Ds (1<<RC3)
#define Hs (1<<RC4)
#define Cs (1<<RC5)
#define Es (1<<RC6)
#define Gs (1<<RC7)
//----- define signes -----
#define _D1 (Bs|Cs)
#define _D2 (As|Bs|Ds|Es|Gs)
#define _D3 (As|Bs|Cs|Ds|Gs)
#define _D4 (Bs|Cs|Fs|Gs)
#define _D5 (As|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _D6 (As|Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _D7 (As|Bs|Cs)
#define _D8 (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _D9 (As|Bs|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _D0 (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs)

#define _U (Bs|Cs|Ds|Es|Fs)
#define _u (Cs|Ds|Es)
#define _P (As|Bs|Es|Fs|Gs)
#define _Top As
#define _Bottom Ds
#define _Middle Gs
#define _Space 0
#define _S (As|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _O (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs)
#define _o (Cs|Ds|Es|Gs)
#define _C (As|Ds|Es|Fs)
#define _c (Ds|Es|Gs)
#define _A (As|Bs|Cs|Es|Fs|Gs)
#define _L (Ds|Es|Fs)
#define _I (Bs|Cs)
#define _F (As|Es|Fs|Gs)
#define _t (Ds|Es|Fs|Gs)
#define _n (Cs|Es|Gs)
#define _E (As|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _r (Es|Gs)
#define _H (Bs|Cs|Es|Fs|Gs)
#define _i Cs
#define _b (Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
```

```

#define _d (Bs|Cs|Ds|Es|Gs)
// define PORTB pins
//control common pins of indicator
#define portb_sign0_pin RB7
#define portb_sign1_pin RB4

#define portb_sign2_pin RB5
#define portb_sign3_pin RB6
//-----
// Define PORTA pins
// ADC inputs
#define A_direct RA0 // Only
#define A_OPAMP RA2 // RA0 - RA2!!!
// PORTA pins
#define A_Uop RA4 //
#define A_mosfet RA5 // for mosfet on/off
#define A_Kop RA1 //
// Mosfet on/off
#define Mos_off PORTA = (1<<A_mosfet) | (1<<A_Uop)
#define Mos_on PORTA = (1<<A_Uop)
// Kop_1 set
#define Kop_set_1 TRISA &= ~(1<<A_Kop)
//Kop_2 set
#define Kop_set_2 TRISA |= (1<<A_Kop)
//U_bat
#define Bat 9 // battery measure pin - only AN8-AN11 (8-11)
// Components of scheme defines
#define Kop_1 66996 //65.49 * 1023
#define Kop_2 16828 //16.45 * 1023 OPAMP gain
#define R_ref 68680 // Reference resistor nominal (mOhm)
// The work option
#define Time_to_sleep 40 // time to sleep (sec.)
#define Time_to_calibrate 30 // time to calibrate (sec.)

```

4.3. Методи програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації

Потрібно зробити обробку результатів вимірювання. Вимірювання можуть бути з помилками та грубими відхиленнями. Для автоматизації обрахунку потрібно написати програму для методів програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.

Для виключення грубих похибок застосовують апарат перевірки статистичних гіпотез. У метрології використовуються статистичні гіпотези, під якими розуміють гіпотези про вид невідомого розподілу, або про параметри відомих розподілів.

Областю прийняття гіпотези (областю допустимих значень) називають сукупність значення критерію, при яких гіпотезу приймають. Критичною називають сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу відкидають. Область прийняття гіпотези і критична область

розділені критичними точками, що дорівнюють табличним значенням критеріїв.

Нульова статистична гіпотеза підтверджує належність "підозрілого" результату вимірювання (спостереження) даній групі вимірювань, що перевіряється. Формальним критерієм аномальності результату спостережень (підставою для ухвалення конкуруючої гіпотези: "підозрілий" результат не належить даній групі вимірювань) при цьому служить межа, що відстоїть від центру розподілу на величину tS .

Таким чином, межі похибок залежать від виду розподілу, об'єму вибірки і вибраної довірчої ймовірності. При обробці вже наявних результатів спостережень довільно відкидати окремі результати не слід, оскільки це може привести до фіктивного підвищення точності результату вимірювань. Група вимірювань (вибірка) може містити декілька грубих похибок і їх виключення проводять послідовно, тобто поодинці.

Всі методи виключення грубих похибок (промахів) можуть бути розділені на два основні типи:

- а) методи виключення при відомому генеральному СКВ;
- б) методи виключення при невідомому генеральному СКВ.

Оскільки на практиці частіше зустрічаються вимірювання при невідомому СКВ (обмежене число спостережень), далі розглянуті такі критерії перевірки підозрілих (з точки зору похибок) результатів спостережень:

1) Критерій Ірвіна – для отримання еспериментальних даних визначають коефіцієнт по формулі:

$$u = \frac{(x_{n+1} - x_n)}{S} \quad (4.1)$$

де x_{n+1} , x_n – найбільші значення випадкової величини; S – середнє квадратичне відхилення, обчислене по всіх значеннях вибірки. Потім цей коефіцієнт порівнюється з табличним значенням λ_q , можливі значення

якого наведені в додатку В (Табл. 1). Якщо $\lambda > \lambda_q$, то нульова гіпотеза не підтверджується, тобто результат – помилковий, і він має бути виключений при подальшій обробці результатів спостережень.

2) Критерій Романовського – конкуруюча гіпотеза про наявність грубих похибок в підозрілих результатах підтверджується, якщо виконується нерівність:

$$|x_n - \bar{x}| \geq t_p S \quad (4.2)$$

де t_p – квантиль розподілу Стюдента при заданій довірчій ймовірності з числом мір свободи $k = n - k_n$. Значення квантилів для розподілу Стюдента представлені в додатку А (Табл. 2.). Точкові оцінки розподілу x і СКВ результатів спостережень обчислюється без урахування k_n — підозрілих результатів спостережень.

3) Критерій Діксону - заснований на припущенні, що похибки вимірювань мають нормальний закон розподілу (заздалегідь необхідна побудова гістограми результатів спостережень і перевірка гіпотези про приналежність нормальному закону розподілу). При використанні критерію обчислюють коефіцієнт Діксону (спостережуване значення критерію) для перевірки найбільшого або найменшого екстремального значення залежно від числа вимірювань.

Нульова гіпотеза про відсутність грубої похибки виконується, якщо виконується нерівність $r < r_q$. Якщо $r > r_q$, то результат визнається грубою похибкою і виключається з подальшої обробки.

Також для обчислень цих критеріїв вибірки потрібно обрахувати середнє арифметичне значення, середнє квадратичне значення, медіану.

Визначення середнього арифметичного значення результатів багатократних вимірювань фізичної величини обраховується за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (4.3)$$

Визначення середньгеометричного значення результатів багатократних вимірювань фізичної величини обраховується за формулою:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} \quad (4.4)$$

Визначення значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини, так як масив має парне число значень, формула для знаходження медіани обраховується за формулою:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} \quad (4.5)$$

Відносно оцінки фізичної величини знаходимо значення незміщеної оцінки дисперсії сукупності спостережених значень. Знаходження дисперсії обраховується за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum i(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.6)$$

Знаходимо незміщену оцінку середньоквадратичного відхилення середнього значення. Знаходження середньоквадратичного відхилення середнього значення обраховується за формулою:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{20}} \quad (4.7)$$

Для обрахунку виміряних значень була створена програма Додаток Б.

Проведемо експеримент з вибіркою в 20 значень та отримаємо відповідні дані табл.4.1.

Вибірка X1:

X1 = [103.6 105.6 103.0 109.6 101.8 101.2 108.5 104.5 106.6 100.0 103.3 108.9 103.5 101.3 104.3 104.7 103.6 103.3 104.5 102.5];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 104.215.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 104.185.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини опору для вибірки X1:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 103.600.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 2,574

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 0,576.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1 рис.4.2.

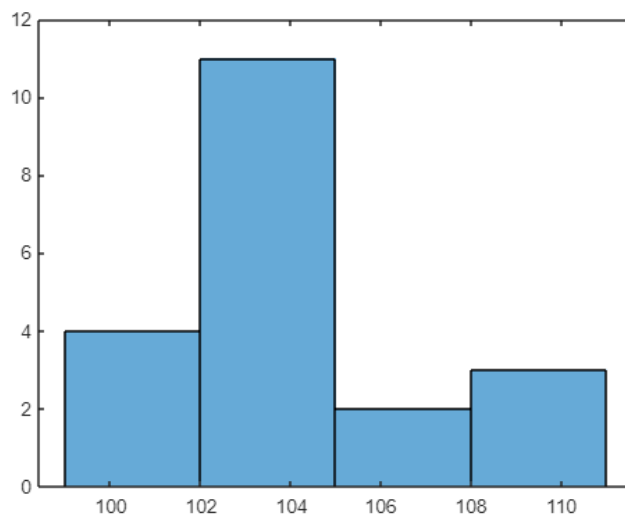


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.1).

Таблиця 4.1. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

<i>N</i>	<i>X1</i>	Похибка
1	103,6	Відсутня
2	105,6	Відсутня
3	103,0	Відсутня
4	109,6	Присутня
5	101,8	Присутня
6	101,2	Відсутня
7	108,5	Присутня
8	104,5	Присутня
9	106,6	Відсутня
10	100,0	Присутня
11	103,3	Відсутня
12	108,9	Відсутня
13	103,5	Присутня
14	101,3	Відсутня
15	104,3	Відсутня
16	104,7	Відсутня
17	103,6	Відсутня
18	103,3	Відсутня
19	104,5	Відсутня
20	102,5	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, декілько результатів вимірювання вважається помилковим, тому їх потрібно виключити при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.2.

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм

<i>N</i>	<i>X₁</i>	Похибка
1	103,6	Відсутня
2	105,6	Відсутня
3	103,0	Відсутня
4	109,6	<i>Присутня</i>
5	101,8	Відсутня
6	101,2	Відсутня
7	108,5	Відсутня
8	104,5	Відсутня
9	106,6	Відсутня
10	100,0	Відсутня
11	103,3	Відсутня
12	108,9	Відсутня
13	103,5	Відсутня
14	101,3	Відсутня
15	104,3	Відсутня
16	104,7	Відсутня
17	103,6	Відсутня
18	103,3	Відсутня
19	104,5	Відсутня
20	102,5	Відсутня

За обрахунками значення з грубою помилкою виявились: 109.600, при подальшій роботі з вибіркою потрібно виключити ці значення.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 104,215.

Допустимий діапазон: 104,215 +/- 1,001.

Висновки до 4 розділу

В четвертому розділі був розроблений алгоритм системи вимірювання опору. На базі алгоритму написана програма для мікроконтролера.

Також був проведений експеримент з вибіркою в 20 виміряних значень опору та проаналізований. Для аналізу та обрахунку метрологічного забезпечення комп'ютеризованої системи була створена програма. Обраховано середньо значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Вимірянні дані оцінені за критеріями Ірвіні, Романовського та Діксона. За виміряними критеріями програма визначає не припустимі значення, які відповідно виключити з вибірки.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютеризовану систему внутрішньо схемних вимірювань опору електронних блоків.

У першому розділі проведено загальний огляд існуючих систем вимірювання опору. Також розглянуті методи вимірювання опору. Для розробки вимірювальної системи опору обрано метод вольтметр-амперметр.

Розробка комп'ютеризованої системи внутрішньо схемних вимірювань опору електронних блоків полягає в високоточних вимірювань опору резисторів та пошуку внутрішньосхемних місць короткого замикання.

В другому розділі було розглянуто фізичний принцип вимірювання опору. Обґрунтовані складові структурної схеми та побудована структурна схема. Описана математична модель завдяки якій відбувається визначення опору.

В третьому розділі був проведений вибір елементів системи вимірювання опору, приведений зовнішній вигляд елементів, розташування виводів та описані технічні характеристики.

На базі структурної схеми та обраних елементів була побудована принципова схеми вимірювальної системи опору.

Була спроектована друкована плата вимірювальної системи опору.

В четвертому розділі був розроблений алгоритм системи вимірювання опору. На базі алгоритму написана програма для мікроконтролера.

Також був проведений експеримент з вибіркою в 20 виміряних значень опору та проаналізований. Для аналізу та обрахунку метрологічного забезпечення комп'ютеризованої системи була створена програма. Обраховано середньо значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Вимірянні дані оцінені за критеріями Ірвіні, Романовського та Діксона. За виміряними критеріями програма визначає не припустимі значення, які відповідно виключити з вибірки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тестер внутрішнього опору акумуляторів міліомметр 200Ом 100В RC3563 [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://techfactory.com.ua/ua/p1774911636-tester-vnutrennego-soprotivleniya.html>.
2. Міліомметр з функцією мультиметра СЕМ DT-5302 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://thermolab.net.ua/ua/p1457521478-miliommetr-funksiej-multimetra.html>.
3. Міліомметр Lutron МО-2001[Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p2025091304-miliommetr-lutron-2001.html>.
4. Міліомметр РЕАКТЕCH Р 2705 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tme.eu/ua/details/pkt-p2705/miliommetr/peaktech/p-2705>.
5. Пукач А.І., Теслюк В.М., Теслюк Т.В. Розроблення мікроконтролера спеціалізованої комп'ютерної системи автоматичного контролю величини резистивних параметрів мікроелектромеханічних систем // 3б. наук.-техн. пр. : Науковий Вісник НЛТУ України. - 2013. - Вип.23.2. - С. 346 - 352.
6. Теслюк В.М., Пукач А.І., Іванців Р.-А. Д., Лобур М.В. Розроблення методу вимірювання малих величин електричного опору // Моделювання та інформаційні технології. 3б. наук. пр. ІППМЕ ім.Г.Є.Пухова НАН України. – Київ, 2012, Вип. 63. – с.111 – 118.
7. Пукач А., Теслюк В., Іванців Р.-А., Загарюк Р. Розроблення схемної моделі системи вимірювання та аналізу теплового портрету інтегральних пристроїв // Вісник «Комп'ютерні науки та інформаційні технології». – Львів, 2012. Вип. №732. – ст. 85-90.
8. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник для вузів в двох томах / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик. – За ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2004. – Т. 1. Основи метрології. – 524 с.
9. 2.Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник для вузів в двох томах / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р.

Борек, А. Ковальчик. — За ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. — Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2004. — Т. 2. Вимірювальна техніка. — 656 с.

10. LCD дисплей Bluetooth [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://businessmag.com.au/what-is-smart-lcd-and-its-benefits/>

11. Модуль Bluetooth [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mokoblue.com/ru/complete-guide-on-bluetooth-module>.

12. PIC16F690 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kontest.ua/catalog/item/5218053>.

13. PIC16F690 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://valvolodin.ua/sprav/PIC16F690.pdf>.

14. Батарейки типу розміру AAA [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/ua/duracell_5000394157712/p335890393/characteristics.

15. Стабілізатор XC6206P301 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.chipdip.by/product/xc6206p302mr-torex>.

16. NCP1402 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ncp1402sn50t1g.pdf>.

17. LCD 1602 I2C [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://arduinoakit.com.ua/ua/p1433688907-displej-lcd-1602.html>.

18. Блютуз модуль HC-05 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://diyshop.com.ua/ru/hc-05-bluetooth-modul>.

19. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

20. Методичні вказівки “Опрацювання результатів вимірювань” до виконання курсової роботи з дисципліни „Основи метрології та вимірювальної техніки” для студентів напряму підготовки 0913 - "Метрологія та вимірювальна техніка". / Уклад. В.О. Поджаренко, О.М. Васілевський, О.П. Войтович. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 38 с.

Додатки

ДОДАТОК А

```

// define pins to segments -----
#define Bs (1<<RC0)
#define Fs (1<<RC1)
#define As (1<<RC2)
#define Ds (1<<RC3)
#define Hs (1<<RC4)
#define Cs (1<<RC5)
#define Es (1<<RC6)
#define Gs (1<<RC7)

//---- define signes -----
#define _D1 (Bs|Cs)
#define _D2 (As|Bs|Ds|Es|Gs)
#define _D3 (As|Bs|Cs|Ds|Gs)
#define _D4 (Bs|Cs|Fs|Gs)
#define _D5 (As|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _D6 (As|Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _D7 (As|Bs|Cs)
#define _D8 (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _D9 (As|Bs|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _D0 (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs)

#define _U (Bs|Cs|Ds|Es|Fs)
#define _u (Cs|Ds|Es)
#define _P (As|Bs|Es|Fs|Gs)
#define _Top As
#define _Bottom Ds
#define _Middle Gs
#define _Space 0
#define _S (As|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _O (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs)
#define _o (Cs|Ds|Es|Gs)
#define _C (As|Ds|Es|Fs)
#define _c (Ds|Es|Gs)
#define _A (As|Bs|Cs|Es|Fs|Gs)
#define _L (Ds|Es|Fs)
#define _I (Bs|Cs)
#define _F (As|Es|Fs|Gs)
#define _t (Ds|Es|Fs|Gs)
#define _n (Cs|Es|Gs)
#define _E (As|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _r (Es|Gs)
#define _H (Bs|Cs|Es|Fs|Gs)
#define _i Cs
#define _b (Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _d (Bs|Cs|Ds|Es|Gs)

// define PORTB pins
//control common pins of indicator
#define portb_sign0_pin RB7
#define portb_sign1_pin RB4
#define portb_sign2_pin RB5
#define portb_sign3_pin RB6
//-----

// Define PORTA pins
// ADC inputs

```

```

#define A_direct RA0    // Only
#define A_OPAMP RA2     // RA0 - RA2!!!
    // PORTA pins
#define A_Uop RA4  //
#define A_mosfet RA5  // for mosfet on/off
#define A_Kop RA1  //

    // Mosfet on/off
#define Mos_off PORTA = (1<<A_mosfet)|(1<<A_Uop)
#define Mos_on PORTA = (1<<A_Uop)

    // Kop_1 set
#define Kop_set_1 TRISA &= ~(1<<A_Kop)
    //Kop_2 set
#define Kop_set_2 TRISA |= (1<<A_Kop)

    //U_bat
#define Bat 9 // battery measure pin - only AN8-AN11 (8-11)

    // Components of scheme defines
#define Kop_1 66996 //65.49 * 1023
#define Kop_2 16828 //16.45 * 1023  OPAMP gian
#define R_ref 68680 // Reference resistor nominal (mOhm)

    // The work option
#define Time_to_sleep 40 // time to sleep (sec.)
#define Time_to_calibrate 30 // time to calibrate (sec.)

    // Define signes for common cathode
const unsigned char Gen_[] = {_D0,_D1,_D2,_D3,_D4,_D5,_D6,_D7,_D8,_D9};
    // define digits

unsigned char Res_10[4] = {0,0,0,0};
    // signs to OUT, R. Elements 0 - 3 is
    // directly going to ind.,
unsigned int Res_, U_bat;
unsigned short volatile Timer=0xFF, TimeCount=0xFF, TimeSec=0;
unsigned int Res0;//calibration: the probes own resistance
unsigned short Corr;//calibration: correction coefficient(190-210)

unsigned short Flags = 0; // Flags bits means:
#define f_anode Flags.F0 //0 - 1-common anode, 0-cathode
#define f_calib Flags.F1 //1 - 1- count the time to calibration
#define f_sleep Flags.F2 //2 - 1- count the time to sleep
#define f_low Flags.F3 //4 - 1- the battery voltage is low
#define f_lowest Flags.F4 //5 - 1- the battery voltage is low
#define f_indbat Flags.F5 //7 - 1 - now indicated battery voltage

//***** Procedure of pause 1 - 127 ms (by 1ms step) *****
// In parameter - Delay (ms)
// Needs global variable Timer which increments in 0.5 ms interrups

void pause_ms(unsigned char Delay ) {
    char Delay1;
    Delay1 = Delay;
    //Delay = Delay << 1; // intervals 1 ms (*2)
    Delay += Timer;
    while (Timer != Delay); // wait (Delay) ms or (in-parameter) ms
    asm clrwdt;
    Delay1 += Timer;
    while (Timer != Delay1); // wait (Delay) ms or (in-parameter) ms
    asm clrwdt;

```

```

}

//*****

//===== Pause x sec =====
// In parameter - time for pause (sec) - only 1-32

void pause_s(char Sec){
    char i;
    Sec <= 3; // *8
    for (i=0; i<Sec; i++) pause_ms(125);
}

// ===== Calibration =====
char calibration(void) {
    unsigned int x, Vx0;
    char i, Corr_;

    ANSEL = 1<<A_direct; // A_direct to analog
    ANSELH = 0; //
    ADCON1 = 0b00100000; // Fosc/32
    ADCON0 = (A_direct << 2)| 0b10000001; // RIGHT JAST.; A_direct, ON
    Delay_us(50);

    Res_10[3]=_P;
    Res_10[2]=_r;
    Res_10[1]=_o;
    Res_10[0]=_b; // 'Prob'
    Pause_s(1);
    Res_10[3]=_O;
    Res_10[2]=_P;
    Res_10[1]=_E;
    Res_10[0]=_n; // 'OPEn'

    Mos_on;
    for (i=0; i<100; i++) {
        pause_ms(100);

        go_ADC(); // ADC sample with blanking indicator

        if (ADRESL > 70) break; // exit if probes not conn.
    }
    if (i==100) return 0; // return if probes connected 10s after mesage (error)

    Res_10[3]=_C;
    Res_10[2]=_A;
    Res_10[1]=_L;
    Res_10[0]=_I; // 'CALI'
    pause_s(2);

    w_space(); // blank the ind
    pause_s(1); // 3 sec. ind. mesage

    // Probe res. calibration -----
    Res_10[3]=_P;
    Res_10[2]=_r;
    Res_10[1]=_o;
    Res_10[0]=_b; // 'Prob'
    Pause_s(1);
    Res_10[3]=_C;
    Res_10[2]=_L;

```

```

    Res_10[1]=_O;
    Res_10[0]=_S;    // 'CLOS'

for (i=0; i<100; i++) {

    go_ADC();    // ADC sample with blanking indicator

    if (ADRESL < 30) break; // exit if probes is connect
    pause_ms(100);
}
if (i==100) {
    Res0 = 0;
    EEPROM_Write(2, 0); //
    EEPROM_Write(1, 0); // save 0 to the probes res.
                        // if probes not connected >10s after mesage with Res0 = 0
}
else {
    // calibration -----
    Kop_set_1;    // set first OPAMP gain
    ANSEL = 1<<A_OPAMP; // A_opamp to analog
    ANSELH = 0;    //
    ADCON1 = 0b00100000;    // Fosc/32
    ADCON0 = (A_OPAMP << 2)| 0b10000001; // RIGHT JAST.; A_OPAMP, ON
    w_space(); // blank the ind
    pause_s(1);
    // measure for probes res.
    x = average_10();
    if (x>500) return 0; // R>0.5 Ohm - error

    Mos_off;
    pause_ms(125);
    Vx0 = average_10();
    if ((Vx0 > 500)|| (x < Vx0)) return 0; // V0>0.5 or V0 > R - error
    x -= Vx0;    // correction

    Res0 = (unsigned long)x * R_ref * 10 / (Kop_1 - x);
    //i = Res0 % 10;    //
    //Res0 /= 10;    //
    //if (i > 4) Res0++; // arithmetic rounding
    // save Res_probes*10

//***** INTERRUPTS *****
void interrupt(void) {

    unsigned char To_portb=0;
    static unsigned char Segment = 1, SignNo = 0;    // column of indicator
    static unsigned char *Digit; // BCD to indicator pointer (Res_10)

    if (PIR1.TMR1IF == 1){
        TMR1H = 0xFF;    // period 255
        Timer +=1;    // 0.5 ms counter (8 bit)
        if (Timer==0){
            TimeCount +=1;    // 128 ms counter (8 bit), total - 32s
            if ((TimeCount & 0x07) == 0) TimeSec +=1; // Seconds counter
        }

        if (Segment.F7 == 0) Segment <=<= 1;
        else {Segment = 1;
            SignNo++;
            if (SignNo >3) {

```

```

        SignNo = 0;
        Digit = &Res_10; // refresh
    }
} // rotate left for each 4 sign

if (f_anode==0){ // for common cathode -----

    if(SignNo == 0) To_portb = ~(1 << portb_sign0_pin);
    if(SignNo == 1) To_portb = ~(1 << portb_sign1_pin);
    if(SignNo == 2) To_portb = ~(1 << portb_sign2_pin);
    if(SignNo == 3) To_portb = ~(1 << portb_sign3_pin);
        // clear current cathode pin
    PORTC = 0; // IND. off

    PORTB = To_portb; // to portb

    PORTC = (*(Digit+SignNo)) & Segment; // set to on current segment
}
else { // for common anode -----

    if(SignNo == 0) To_portb = (1 << portb_sign0_pin);
    if(SignNo == 1) To_portb = (1 << portb_sign1_pin);
    if(SignNo == 2) To_portb = (1 << portb_sign2_pin);
    if(SignNo == 3) To_portb = (1 << portb_sign3_pin);
        // set current anode pin
    PORTC = 0xFF; // IND. off

    PORTB = To_portb; // to portb

    PORTC = ~((*(Digit+SignNo)) & Segment); // set to on current segment

} //-----

PIR1.TMR1IF=0; // clear flag TMR0IF

}

}
//***** END OF INTERRUPTS *****/

```

```

% Initialization of the input data array and its length
X = [503.6 495.6 503.0 498.6 491.8 51.2 498.5 504.5 496.6 500.0 493.3 498.9 493.5 491.3 504.3 504.7 503.6 493.3
494.5 502.5];
X_len = length(X);

% Estimates of the actual value of a physical quantity
X_avg = mean(X);
X_geo = geomean(X);
X_M = median(X);

disp('1. Estimates of the actual value. ');
disp(sprintf('Mean value: %.3f', X_avg));
disp(sprintf('Geomean value: %.3f', X_geo));
disp(sprintf('Median: %.3f', X_M));

% Estimates of the random value of the measurements
deltaX = [];
deltaX_sqr = [];

% Calculation of sampling values
for i = 1:X_len
    deltaX(i) = X(i) - X_avg;
    deltaX_sqr(i) = deltaX(i)^2;
end

disp('2. Estimates of the random value');
S = sqrt(sum(deltaX_sqr)/(X_len-1));
disp(sprintf('Estimation of variance: %.3f', S));

Sx = S / sqrt(X_len);
disp(sprintf('Estimation of RMS: %.3f', Sx));

% Analysis of valid values
u = 2.56;
u1 = (X_avg - min(X))/S;
u2 = (max(X) - X_avg)/S;

if(u1 > u || u2 > u)
    % Construction of the histogram
    histogram(X)
else
    disp('Conclusion: values dont exceed the allowable range. ');
end

% Evaluation and elimination of gross errors.
disp('3.1. Irwins criterion. ');
lambda = [];
irwin_false = [];
for irw = 1:X_len - 1
    lambda(irw) = abs((X(irw + 1) - X(irw)) / S);

    if(lambda(irw) > 1.3)
        irwin_false(length(irwin_false)+1) = X(irw + 1);
        disp(sprintf('False value: %.3f', X(irw + 1)));
    end
end

disp('3.2. Romanovsky criterion. ');
romanovsky(X, irwin_false);

disp('3.3. Dixon criterion. ');
X_e = dixon(X);

```

```

estimates(X_e);

histogram(X);
di = 1.74 * Sx;
disp(sprintf('Allowable range: %.3f +/- %.3f', X_avg, di));

function romanovsky(X, irwin_false)
    % Using the Irwin method, we exclude suspicious values
    Xr = X;
    X_len = length(X);
    rpz = 1; % Initialize the loop index
    Xr_new = Xr; % Create a new array to store valid values
    while rpz <= length(Xr)
        if ismember(Xr(rpz), irwin_false)
            irwin_false(irwin_false == Xr(rpz)) = [];
            Xr_new(rpz) = [];
        else
            rpz = rpz + 1; % Increment the loop index only if the value is not removed
        end
    end
    % Variance of Romanovsky array
    Xr_len = length(Xr_new);
    Xr_avg = mean(Xr_new);
    deltaXr = [];
    deltaXr_sqr = [];
    for rmn = 1:1:Xr_len
        deltaXr(rmn) = Xr_new(rmn) - Xr_avg;
        deltaXr_sqr(rmn) = deltaXr(rmn)^2;
    end
    Sr = sqrt(sum(deltaXr_sqr)/(Xr_len - 1));
    % Search for gross errors
    for r = 1:1:X_len
        if abs(X(r) - Xr_avg) >= 2.09 * Sr
            disp(sprintf('False value: %.3f', X(r)));
        end
    end
end

function e = dixon(X)
    X = sort(X);

    r22min = (X(3) - X(1)) / (X(length(X)) - X(1));
    r22max = (X(length(X)) - X(length(X) - 2)) / (X(length(X)) - X(3));

    if (r22min > 0.462)
        if (r22max > 0.462)
            disp(sprintf('False value: %.3f', X(length(X))));
            X(length(X)) = [];
        end
        disp(sprintf('False value: %.3f', X(1)));
        X(1) = [];

        e = dixon(X);
    else
        e = X;
    end
end

function estimates(X)
    X_avg = mean(X);
    disp('Estimates of the eliminated array. ');
    disp(sprintf('Mean value: %.3f', X_avg));
end

```

ДОДАТОК В

Таблиця 1. Коефіцієнти при відповідному рівні значущості

Число вимірювань. n	Рівень значущості	
	q=0,05	q=0,01
1	2	3
2	2,8	3,7
3	2,2	2,9
10	1,5	2,0
20	1,3	1,8

Таблиця 2. Квантилі розподілу Ст'юдента

k	P		
	0,95	0,99	0,999
1	6,31	31,82	318,3
2	2,92	6,97	22,3
3	2,35	4,54	10,21
10	1,83	2,82	4,14
20	1,74	2,52	3,56

Таблиця 3. Коефіцієнти Діксону

Статистика	Число вимірювань	r_q			
		0,1	0,05	0,02	0,01
r01	3	0,886	0,94	0,976	0,988
r11	8	0,479	0,554	0,631	0,683
r21	12	0,49	0,556	0,605	0,642
r22	20	0,401	0,450	0,502	0,535

ДОДАТОК Г

УДК 621: 317

Лугових О.О., старший викладач
Уляницький В.П., магістрант

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТИРИЗОВАНА СИСТЕМА ВНУТРИШНЬОСХЕМНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОПОРУ

У радіоконструюванні потрібно виміряти малі опори, наприклад, вимірювальних шунтів, обмоток дроселів та трансформаторів. Для цього застосовується такий прилад, як міліомметр, варіант реалізації якого представлений у цій роботі. Крім того, одне з основних призначень описуваного приладу – внутрішньосхемний пошук місць короткого замикання під час ремонту радіоапаратури шляхом визначення ділянки з мінімальним опором.

На ринку вимірювальної техніки існує багато готових технічних рішень міліомметрів, але вони відчутно дорого коштують навідміну навединої в роботі вимірювальної системи. Натомість розроблена вимірювальна система майже ні в чому не буде поступатися готовому приладу.

Розробка цієї системи є досить актуальною тому що вимірювання низького опору широко використовується в галузі виробництва компонентів: резисторів, котушки індуктивності, трансформаторів, провідники, напівпровідники.

Дана система буде вимірювати низький опір і також зможе знаходити короткозамкнуті ділянки електричних ланцюгів радіоприладів, що дає змогу ремонтувати прилад без випаювання тих чи інших елементів.

Вимірювання низького опору виконується з багатьох причин, включаючи, але не обмежуючись, тестування безпеки, продуктивності та якості.

Виробники електричних компонентів, таких як резистори, котушки індуктивності та дроселі, усі повинні перевірити, чи відповідає їхня продукція зазначеним допускам, закінченню виробничої лінії та перевірці контролю якості.

Для виробника кабелю опір мідних проводів, які вони виготовляють, має надзвичайне значення. З точки зору безпеки, якщо опір дроту занадто високий, це свідчить про недостатню подачу міді, що знижує здатність кабелю пропускати струм. Якщо опір занадто низький, виробник занадто щедрий на діаметр кабелю використовуючи більше міді, ніж йому потрібно, що може бути дуже дорогим у довгостроковій перспективі.

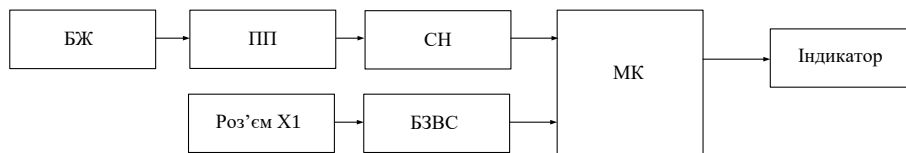


Рисунок 1. Структурна схема

Схема складається з наступних елементів:

- Мікроконтролеру для управління пристроєм вимірювання;
- Підвищуючий перетворювач напруги;
- Стабілізатора напруги;
- Роз'єм X1 для щупів щупів;
- Блок задання вимірюючого струму;
- Індикатор для виведення результату вимірювання опору;
- Блок живлення.

Виміряне значення було отримано непрямым методом за формулою (1):

$$R_x = \frac{N \times R_0}{1023 \times K_{op} - N} \quad (1)$$

де $R_0 = R_6 + R_1$, K_{op} - коефіцієнт посилення (КП), N - величина відліку АЦП. Як видно з формули, результат не залежить від напруги живлення (при його рівності з напругою, що подається на R_6) і взагалі не залежить від активних елементів.

В результаті, дана схема забезпечує більш високу точність вимірювань, ніж при використанні активного джерела струму.

*Лугових О.О., ст. викл. кафедри МтаІВТ
Уляницький В.П., магістрант гр. МТм-1
Державний університет «Житомирська політехніка»*

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВНУТРИШНЬОСХЕМНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОПОРУ

Опір вимірюється в омах, для міжнародного позначення яких використовується грецька літера омега (Ω). Ця одиниця виміру названа на честь Георга Сімона Ома.

Зазвичай опір вимірюється визначення стану компонента чи ланцюга:

1. Чим вищий опір, тим менша сила струму. Однією з багатьох причин дуже високого опору можуть бути провідники, які перегоріли або пошкоджені через корозію. Усі провідники виділяють кілька тепла, тому перегрів часто пов'язаний з опором.

2. Чим нижчий опір, тим вища сила струму. Можливі причини: ізолятори пошкоджені через перегрівання або вплив вологи.

Багато компонентів, такі як нагрівальні елементи та резистори, мають фіксоване значення опору. Ці значення часто вказуються на паспортних табличках компонентів або в посібниках як довідкова інформація.

Вибір методу вимірювань залежить від очікуваного значення опору, що вимірюється, і необхідної точності.

Основними методами вимірювання опорів постійного струму є непрямий, метод безпосередньої оцінки та мостовий метод.

Якщо зазначений допуск, виміряне значення опору має бути в межах зазначеного діапазону. Значна зміна фіксованого значення опору зазвичай свідчить про проблему. Актуальність вимірювання опору полягає в усуненні проблем та виявлення несправностей в схемі.

Структурна схема комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору представлена на рис.1.

Схема складається з наступних елементів:

- Мікроконтролеру PIC16F690 для управління пристроєм вимірювання;
- Блока живлення на 3В для живлення пристрою;
- Підвищуючий перетворювач напруги на елементах NCP140SN33, дроселя, трьох конденсаторів та діода Шоткі;
- Стабілізатора напруги;
- Роз'єму X1 куди підключаються щупи для вимірювання
- Боку завдання вимірюючого струму, що складається з двох резисторів та відкритий транзистор;
- Індикатор для виведення результату вимірювання опору.

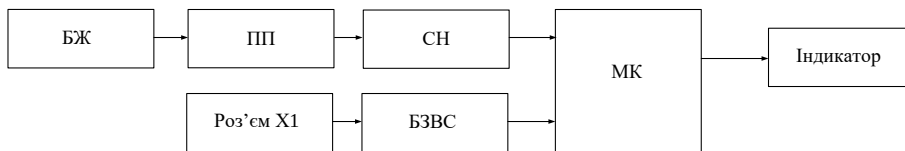


Рисунок 1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання опору в схемі

Виміряне значення отримується непрямим методом за формулою (1):

$$R_x = \frac{N \times R_0}{1023 \times K_{op} - N}, \quad (1)$$

де $R_0 = R_6 + R_1$, K_{op} - коефіцієнт посилення (КП), N - величина відліку АЦП. Як видно з формули, результат не залежить від напруги живлення (при його рівності з напругою, що подається на R_6) і взагалі не залежить від активних елементів. Як результат, дана схема за своєї простоти забезпечує більш високу точність вимірювань, ніж при використанні активного джерела струму.

Список використаних джерел

1. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник/Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: Виданвчичо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. - 206 с.

2. Мікроконтролерні пристрої: навч. посіб. для студ. спец. «Мікро- та наноелектроніка» / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко; Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. – Д.: Вид-во ДНУ, 2011. – 264 с.